

23.324/H/05



BILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN JL. PANGlima SUDIRMAN 7 SURABAYA DENGAN STRUKTUR KOMPOSIT

OLEH :

MOHAMMAD AKBAR H.

3102 109 604

RSS
690,523
Moh
m-1
2005



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	29-7-2005
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	222677

**PROGRAM SARJANA (S-1) EKSTENSI LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**


TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN
JL. PANGLIMA SUDIRMAN 7 SURABAYA
DENGAN STRUKTUR KOMPOSIT**

SURABAYA, JULI 2005

MENGETAHUI / MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING :



28.05
07

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS
NIP. 131.651.254

**PROGRAM SARJANA (S-1) EKSTENSI LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN
JL. PANGLIMA SUDIRMAN 7 SURABAYA
DENGAN STRUKTUR KOMPOSIT**

**Disusun Oleh :
Mohammad Akbar. H
NRP. 3102 109 604**

ABSTRAK

Dalam Tugas Akhir ini dibahas mengenai desain struktur bangunan Gedung Perkantoran yang berlokasi di Jalan Panglima Sudirman 7 Surabaya. Adapun data awal gedung terdiri dari 5 lantai dengan struktur balok, kolom terbuat dari beton, dengan memodifikasi perencanaan menjadi struktur komposit baja-beton diharapkan ada suatu hasil perencanaan yang lebih baik. Spesifikasi bangunan di desain ulang menjadi 7 lantai dengan struktur atap. Tugas Akhir ini penulis hanya akan membahas perencanaan struktur gedungnya saja.

Dalam Tugas Akhir ini memakai asumsi analisa open frame, di mana rangka utamanya adalah balok dan kolom. Perhitungan struktur komposit adalah pada rangka utama (balok dan kolom). Perhitungan analisa struktur tangga menggunakan mekanika teknik biasa yang beban-bebannya ditransformasikan ke balok utama, di mana struktur tangga tersebut berada. Untuk analisa struktur utamanya menggunakan bantuan program komputer SAP 2000.

Perencanaan struktur baja komposit nantinya akan diharapkan mampu menekan lamanya waktu pelaksanaan pekerjaan struktur, tanpa mengurangi mutu bangunan, juga diharapkan bangunan tersebut akan lebih baik dari segi mutu, biaya, dan waktu pelaksanaannya.

Kata Kunci : Komposit, Balok, Kolom, Gedung

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah banyak memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta kekuatan dan keteguhan iman, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul "Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Jalan Panglima Sudirman 7 Surabaya Dengan Struktur Komposit".

Dengan sendirinya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini akan tidak lepas dari kesalahan-kesalahan maupun kekurangan-kekurangannya, mengingat keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman kami sebagai mahasiswa. Untuk itu kami menantikan saran dan usul ke arah perbaikan dengan tangan terbuka dan senang hati. Sebagai penutup kami ucapkan terima kasih kepada mereka yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang terhormat :

1. Orang tua dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materiil untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS., PhD., selaku Dekan FTSP ITS.
3. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., PhD., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan membimbing kami dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Boedi Wibowo, selaku Dosen Wali.
6. Petugas Perpustakaan yang telah melayani kebutuhan kami akan buku-buku yang menunjang penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Demikian hasil laporan Tugas Akhir yang kami sajikan ini, dan semoga bermanfaat bagi semua pembaca, dan khususnya para mahasiswa yang akan mengambil Tugas Akhir bidang studi struktur baja.

Surabaya, Juli 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
 BAB. I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Pembahasan	3
 BAB. II DASAR TEORI	 6
2.1 Umum	6
2.2 Sifat dan Karakteristik Baja	8
2.3 Filosofi Desain	10
2.4 Prosedur Desain	12
2.5 Analisa Struktur	12
2.6 Beban Kerja	13
2.7 Perencanaan Elemen Struktur	14
2.7.1 Perencanaan Balok Lentur	14
2.7.2 Perencanaan Balok Komposit	23
2.7.3 Perencanaan Kolom Komposit	31
2.7.4 Perencanaan Sambungan	34
2.8 Pondasi Tiang Pancang	36
 BAB. III PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	 37

3.1 Perencanaan Tangga.....	37
3.1.1 Perencanaan Pelat Anak Tangga.....	38
3.1.2 Perhitungan Pengaku Pelat Anak Tangga.....	40
3.1.3 Perencanaan Balok Tangga.....	43
3.1.4 Perencanaan Balok Bordes.....	50
3.1.5 Desain Sambungan.....	54
3.2 Perencanaan Struktur Atap.....	55
3.3 Perencanaan Struktur Lantai.....	56
3.4 Perencanaan Balok Anak.....	58
3.5 Perencanaan Balok Anak Terbebani Tembok.....	64
3.6 Perencanaan Sambungan Balok Anak Dengan Balok Induk.....	71
3.7 Perencanaan Balok Lift.....	73
3.7.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift.....	74
3.7.2 Perencanaan Balok Lift Melintang.....	82
3.7.3 Perencanaan Balok Lift Memanjang.....	89
BAB. IV PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA.....	98
4.1 Perhitungan Struktur Utama.....	98
4.2 Pembebanan.....	98
4.2.1 Beban Gravitasi.....	98
4.2.2 Beban Angin.....	99
4.2.3 Beban Gempa.....	100
4.3 Kontrol Kekuatan Penampang.....	102
4.3.1 Balok Utama Melintang.....	102
4.3.2 Balok Utama Memanjang.....	109
4.4 Kolom Komposit.....	117
4.5 Desain sambungan.....	122
4.5.1 Sambungan Balok Melintang Dengan Kolom.....	122
4.5.2 Sambungan Balok Memanjang Dengan Kolom.....	127
4.5.3 Sambungan Balok Induk Dengan Balok Tangga.....	132
4.5.4 Sambungan Kolom Dengan Kolom.....	133

4.5.5	Desain Base Plate.....	136
BAB. V	PERENCANAAN PONDASI.....	141
5.1	Pondasi Tiang Pancang.....	141
5.1.1	Daya Dukung tiang Pancang Tunggal.....	141
5.1.2	Perencanaan Tiang Pancang Kelompok Eksterior.....	141
5.1.2.1	Penulangan Poer.....	145
5.1.2.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	148
5.1.2.3	Kontrol Gesr Ponds.....	149
5.1.3	Perencanaan Tiang Pancang Kelompok Interior.....	151
5.1.3.1	Penulangan Poer.....	154
5.1.3.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	158
5.1.3.3	Kontrol Gesr Ponds.....	158
5.2	Perencanaan Sloof Pondasi.....	160
5.2.1	Penulangan Lentur Pada Sloof.....	161
5.2.2	Penulangan Geser Sloof.....	162
BAB. VI	PENUTUP.....	163
6.1	Kesimpulan	163
6.2	Saran.....	164

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR PERENCANAAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Tegangan-Regangan Baja (Test Tarik).....	9
Gambar 2.2	Tegangan Balok Saat Dibebani Beban Lateral.....	15
Gambar 2.3	Distribusi Tegangan Pada Profil.....	16
Gambar 2.4	Perilaku Balok Saat Pembebanan.....	17
Gambar 2.5	Balok Dengan Penahan Lateral.....	18
Gambar 2.6	Zona Lateral Bucling.....	19
Gambar 2.7	Struktur Dengan Penahan Lateral.....	21
Gambar 2.8	Lebar Efektif Pada Pelat.....	24
Gambar 2.9	Distribusi Tegangan Momen Positif.....	26
Gambar 2.10	Distibusi Tegangan Momen Negatif.....	27
Gambar 2.11	Balok Komposit Penuh Dengan Momen positif.....	28
Gambar 2.12	Penghubung Geser Tipe Stud / Paku.....	30
Gambar 2.13	Penghubung Geser Tipe Canal.....	30
Gambar 2.14	Kolom Komposit Tipe Kolom Berselubung Beton.....	31
Gambar 2.15	Kolom Komposit Tipe Kolom Berintikan Beton.....	31
Gambar 3.1	Sketsa Tangga.....	38
Gambar 3.2	Penampang Melintang Anak Tangga.....	38
Gambar 3.3	Penampang Melintang Anak Tangga.....	40
Gambar 3.4	Pembebanan Pada Anak Tangga.....	40
Gambar 3.5	Penampang Profil Pengaku Siku Anak Tangga.....	42
Gambar 3.6	Posisi Balok Tangga.....	43
Gambar 3.7	Pembebanan Pada Tangga Akibat Beban Mati.....	45
Gambar 3.8	Pembebanan Pada Tangga Akibat Beban Hidup.....	45
Gambar 3.9	Free Body Dan Bidang M Pada Portal Tangga.....	47
Gambar 3.10	Posisi Balok Bordes Tangga.....	50
Gambar 3.11	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Balok Bordes.....	51
Gambar 3.12	Sambungan Balok Tangga Dengan Balok Tumpuan Tangga.....	54
Gambar 3.13	Sambungan Balok Tangga Dengan Balok Tumpuan	

	Tangga.....	55
Gambar 3.14	Potongan Plat Atap.....	56
Gambar 3.15	Potongan Plat Lantai.....	57
Gambar 3.16	Beban Lantai Balok Anak.....	58
Gambar 3.17	Bidang D Dan M Pada Balok Anak.....	59
Gambar 3.18	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas Balok Anak.....	60
Gambar 3.19	Garis Netral Balok Anak.....	62
Gambar 3.20	Beban Lantai Balok Anak.....	65
Gambar 3.21	Bidang D Dan M Pada Balok Anak Terbebani Tembok.....	66
Gambar 3.22	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas Balok Anak.....	67
Gambar 3.23	Garis Netral Balok Anak.....	68
Gambar 3.24	Detail Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk.....	71
Gambar 3.25	Detail Pada Siku Penyambung.....	72
Gambar 3.26	Denah Lift.....	73
Gambar 3.27	Beban Lantai Balok Penggantung Lift.....	75
Gambar 3.28	Sketsa Mekanika Perhitungan Balok Penggantung Lift.....	76
Gambar 3.29	Bidang D dan M Pada Balok Penggantung Lift.....	76
Gambar 3.30	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas	77
Gambar 3.31	Garis Netral Balok Penggantung Lift.....	79
Gambar 3.32	Denah Balok Lift.....	82
Gambar 3.33	Sketsa Mekanika Balok Lift Melintang.....	83
Gambar 3.34	Bidang D dan M Pada Balok Lift Melintang.....	84
Gambar 3.35	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas	85
Gambar 3.36	Garis Netral Balok Lift Melintang.....	86
Gambar 3.37	Beban Lantai Balok Lift Memanjang.....	89
Gambar 3.38	Sketsa Mekanika Balok Lift Memanjang.....	91
Gambar 3.39	Bidang D dan M Pada Balok Lift Memanjang.....	92
Gambar 3.40	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas	93
Gambar 3.41	Garis Netral Balok Lift Memanjang.....	94

Gambar 4.1	Beban Equivalent.....	98
Gambar 4.2	Garis Netral Balok Komposit Melintang.....	104
Gambar 4.3	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas	105
Gambar 4.4	Distribusi Tegangan Momen Negatif.....	106
Gambar 4.5	Garis Netral Balok Komposit Memanjang.....	111
Gambar 4.6	Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas	112
Gambar 4.7	Distribusi Tegangan Momen Negatif.....	114
Gambar 4.8	Penampang Kolom Komposit.....	117
Gambar 4.9	Posisi Kolom Terhadap Balok.....	119
Gambar 4.10	Sambungan Kolom Dan Balok Melintang.....	122
Gambar 4.11	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Profil T.....	124
Gambar 4.12	Sambungan Kolom Dan Balok Memanjang.....	127
Gambar 4.13	Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Profil T.....	129
Gambar 4.14	Sambungan Balok Tangga Dan Balok Utama.....	133
Gambar 4.15	Sambungan Las Pada Kolom Dan End Plate.....	134
Gambar 4.16	Sambungan Kolom Dengan Kolom.....	136
Gambar 4.17	Sambungan Las Pada Base Plate.....	137
Gambar 4.18	Desain Base Plate.....	138
Gambar 5.1	Perletakan Tiang Pancang.....	144
Gambar 5.2	Pembebanan Poer (Pada Arah x).....	146
Gambar 5.3	Pembebanan Poer (Pada Arah y).....	147
Gambar 5.4	Geser Ponds Akibat Dari Tiang Pancang.....	149
Gambar 5.5	Geser Ponds Akibat Dari Kolom.....	150
Gambar 5.6	Perletakan Tiang Pancang.....	153
Gambar 5.7	Pembebanan Poer (Pada Arah x).....	155
Gambar 5.8	Pembebanan Poer (Pada Arah y).....	157
Gambar 5.9	Geser Ponds Akibat Dari Tiang Pancang.....	158
Gambar 5.10	Geser Ponds Akibat Dari Kolom.....	159
Gambar 5.11	Posisi Perletakan Sloof.....	161
Gambar 5.12	Penampang Sloof Daerah Tumpuan Dan Lapangan.....	162

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tebal Las Minimum.....	36
Tabel 4.1	Ketentuan Struktur Gedung Beraturan.....	99
Tabel 5.1	Nilai Conus Pada Masing – Masing Kedalaman.....	142
Tabel 5.2	Nilai Conus Pada Masing – Masing Kedalaman.....	151

BAB I

PENDAHULUAN

Cipta Karya
(021) 5941546

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi seperti saat ini keberadaan sebuah tempat untuk beraktifitas sangatlah dibutuhkan. Perkantoran adalah salah satu tempat yang dirasakan sangat perlu adanya, selain sebagai tempat melakukan aktifitas (bekerja) dimasa sekarang ini banyak investor yang mengembangkan usahanya di bidang bangunan, seperti perkantoran, perumahan, apartemen, perhotelan dan lain sebagainya. Gedung perkantoran sekarang ini semakin berkembang, dari mulai hanya berlantai satu sampai bangunan pencakar langit yang tingginya hingga mencapai ratusan meter dari tanah.

Bangunan-bangunan utama di perkotaan masih didominasi oleh penggunaan bahan beton sebagai bahan bangunan dasarnya, hal ini disebabkan selain karena struktur baja mempunyai kelemahan terhadap panas atau bahaya kebakaran. Pada dasarnya elemen baja cepat sekali leleh dibandingkan dengan beton, adanya faktor biaya perawatan terhadap baja yang cukup besar, sebagai contoh perawatan untuk mencegah bahaya karat atau korosi.

Jika kita melihat dari segi kualitas dan efisiensi waktu pekerjaan bangunan dengan struktur baja lebih menguntungkan. Karena kemampuan baja yang cukup besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan walaupun dari bahan baja dengan jenis yang paling rendah kekuatannya, juga mempunyai perbandingan kekuatan per-volume yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai seperti beton.

Penulisan tugas akhir ini mengenai desain struktur bangunan Gedung Perkantoran yang berlokasi di jalan Panglima Sudirman 7 Surabaya dengan metode struktur komposit, yaitu menggunakan beton dan baja dengan proporsi yang sebanding, sehingga penulisan tugas akhir ini sebagai alternatif dari penyelesaian struktur gedung tersebut.

1.2 Permasalahan

Jenis struktur yang akan digunakan biasanya dipengaruhi oleh keadaan lapangan. Permasalahan yang dirasa penulis dalam proyek ini adalah keterbatasan ruang

yang tersedia untuk penempatan material. Keadaan ini menyebabkan penulis memilih metode konstruksi pabrikasi di mana sebagian besar pekerjaan dilakukan di tempat lain dan di lapangan hanya pemasangan saja. Adapun konsekuensi bahwa pelaksanaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi agar penyambungan tidak bergeser dari yang direncanakan.

Permasalahan yang ada dan akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur tersebut.
2. Bagaimana merencanakan gedung dengan struktur baja dan struktur komposit.

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mempelajari dan menganalisa elemen-elemen struktur gedung dengan metode komposit (baja-beton) berdasarkan secara keseluruhan, seperti perencanaan pelat komposit (baja-beton).
2. Menentukan dan menghitung sambungan antara balok induk dengan balok anak, balok induk dengan kolom, dan kolom dengan poer (*base plate*).
3. Selain itu untuk memperoleh struktur yang mampu mendukung beban-beban yang ditimbulkan oleh gaya aksial, lateral, maupun momen dengan dimensi yang efisien.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah ini dilakukan agar pembahasan tidak terlalu melebar kepada persoalan lain. Di bawah ini adalah permasalahan-permasalahan yang akan diselesaikan dalam Tugas Akhir ini :

1. Perancangan struktur sekunder, yang terdiri dari :
 - pelat lantai dan pelat atap,
 - struktur tangga baja,
 - struktur balok anak.

2. Perancangan struktur primer, yang terdiri dari :
 - struktur balok komposit baja-beton pada balok utama
 - struktur kolom menggunakan king cross yang di selubungi beton
3. Perhitungan sambungan yang meliputi sambungan balok-balok, kolom-balok dan kolom-kolom.
4. Desain struktur bawah yang terdiri dari perhitungan daya dukung pondasi tiang, kelompok tiang dan desain poer pondasi.

Dalam Tugas Akhir ini tidak menganalisa pelaksanaan pekerjaan struktur di lapangan dan analisa dari segi biaya.

Adapun data-data proyek yang digunakan penulis sebagai Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

- Nama proyek : Gedung perkantoran
- Alamat proyek : Jl. Panglima Sudirman 7 Surabaya
- Diskripsi proyek : Proyek ini terdiri dari gedung 5 lantai + konstruksi atap.
Direncanakan ulang menjadi gedung 7 lantai + konstuksi atap.
- Struktur : Beton bertulang dimodifikasi dengan struktur baja (Komposit).

Mengingat besarnya proyek tersebut maka pada Tugas Akhir ini penulis hanya akan membahas perencanaan gedung utama saja. Hal ini dilakukan tentu saja dengan tidak mengurangi bobot penilaian dari Tugas Akhir ini.

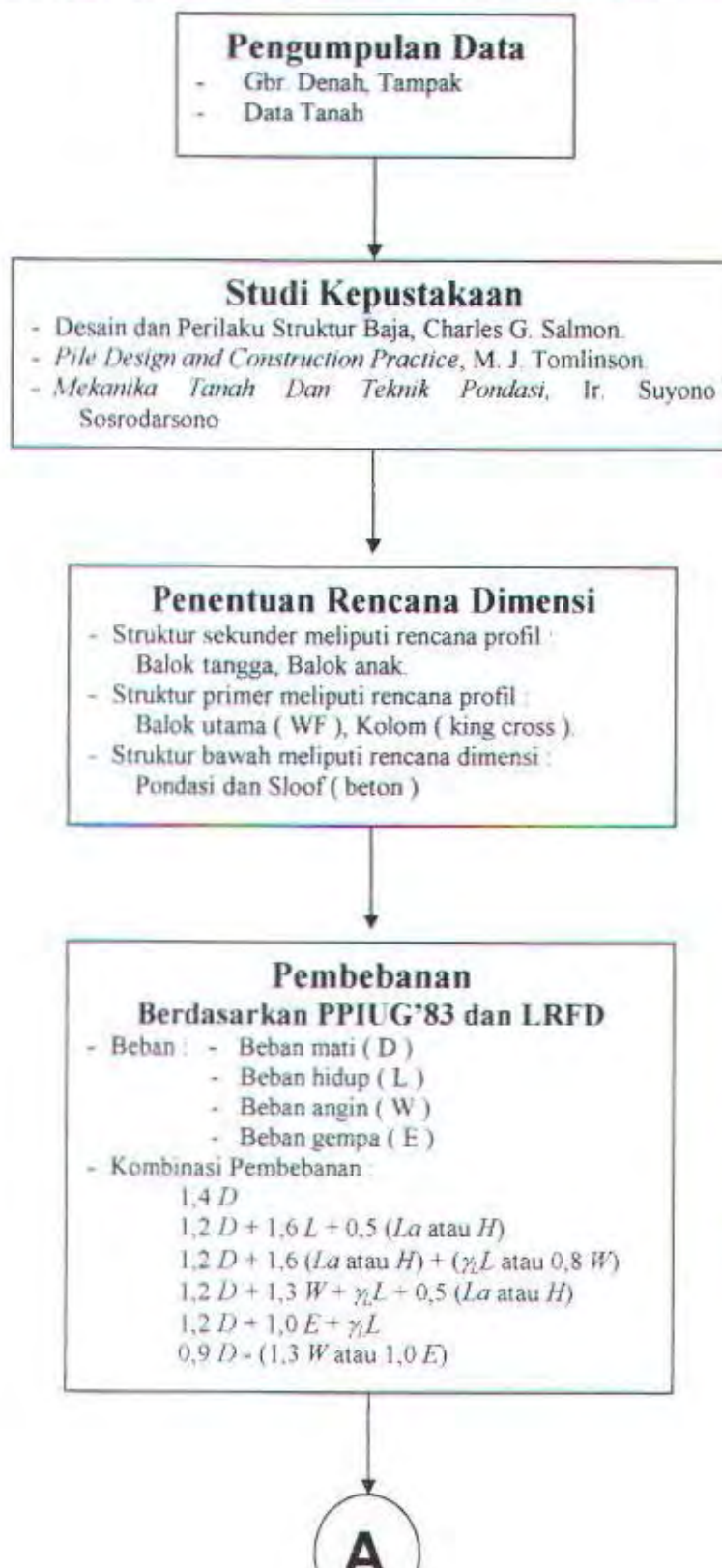
1.5 Metodologi Pembahasan

Dalam memperoleh hasil yang optimal maka langkah-langkah penyelesaian Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data di lapangan berupa gambar-gambar konstruksi, denah, tampak, dan data tanah.
2. Studi Kepustakaan.
3. Penentuan rencana dimensi.
4. Pembebanan struktur.
5. Desain struktur menggunakan pedoman LRFD.
6. Analisa struktur dengan program bantu SAP 2000.
7. Kontrol terhadap hasil yang didapat.

8. Penyusunan laporan Tugas Akhir.
9. Penggambaran hasil perhitungan

Secara garis besar metode penyelesaian ini digambarkan sebagai flow chart di bawah ini :





BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Umum

Manusia telah menggunakan besi selama 5000 tahun. Pada zaman besi (*Iron Age*) dimulai pada 1000 tahun sebelum masehi di daerah Asia Barat dan Mesir. Baja merupakan turunan dari besi yang ditemukan secara tidak sengaja, saat penempaan besi yang dilakukan berulang-ulang dengan pembakaran dari arang. Yang kemudian tercampur oleh bahan karbon dari arang tersebut. Jadi baja merupakan material campuran antara besi murni dengan karbon berkadar 1 %.

Zaman baja dimulai pada saat Sir Henry Bessemer menemukan proses produksi baja yang lebih ekonomis pada pertengahan abad 19, saat itu ilmu pengetahuan tentang baja berkembang pesat, terlebih saat *Hooks* dan *Euler* mengembangkan sifat-sifat baja dan perilakunya pada saat dibebani. Atas dasar pengembangan itulah *Eiffel* dan *Roebing* berhasil mengembangkan struktur yang impresif pada akhir abad 19.

Peraturan pertama yang dikeluarkan oleh *American Railway Engineering Assosiation (AREA)* adalah pada tahun 1905, dan pada tahun 1921 *American Institute of Steel Construction (AISC)* mengeluarkan peraturan (*spesification*) pertamanya.

Tujuan desain struktur baja pada dasarnya adalah membuat struktur yang aman agar terpenuhi fungsi bangunan tersebut. Di sini tampak sederhana jika yang digunakan sebagai patokan hanya aman dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, tetapi akan menjadi kompleks apabila kata aman dan memenuhi fungsinya ini dijabarkan lebih lanjut. Aman merupakan masalah derajat, seberapa amankah bangunan yang akan dibangun, dan setiap desain pasti mengandung kemungkinan gagal. Jadi desain yang baik harus dapat memperhitungkan seberapa besar kegagalan yang dapat ditoleransi dan bagaimana penerapannya di lapangan. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa suatu desain struktur yang baik harus dapat memenuhi dan mengembangkan antara syarat fungsi, aman (*safety*), kemampuan layan (*serviceability*), dan ekonomis.

Desain struktur dapat didefinisikan sebagai campuran dari seni dan ilmu pengetahuan yang digabung dengan pengalaman intuitif perekayasa mengenai perilaku struktur dengan pengetahuan yang mendalam tentang prinsip-prinsip statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur untuk menghasilkan suatu struktur yang aman dan ekonomis sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

Desain merupakan suatu proses untuk mendapatkan penyelesaian optimum, dengan prioritas utama adalah keamanan. Desain bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, mampu-layan, awet, dan memenuhi kriteria ekonomis, dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring, atau bergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu-layan bila kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan kemampu layan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur disebut awet bila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

Kriteria umum untuk struktur dikatakan ekonomis jika :

- Biaya minimum
- Berat konstruksi minimum
- Waktu pelaksanaan konstruksi minimum
- Kebutuhan tenaga kerja minimum
- Biaya produksi minimum
- Efisiensi minimum dalam pelaksanaannya

Kriteria – kriteria tersebut saling berkaitan satu dengan yang lainnya, sehingga di dalam perencanaan harus dibandingkan satu dengan yang lainnya agar tercapai hasil yang optimum tanpa merubah nilai fungsi dan kemampuan layanannya.

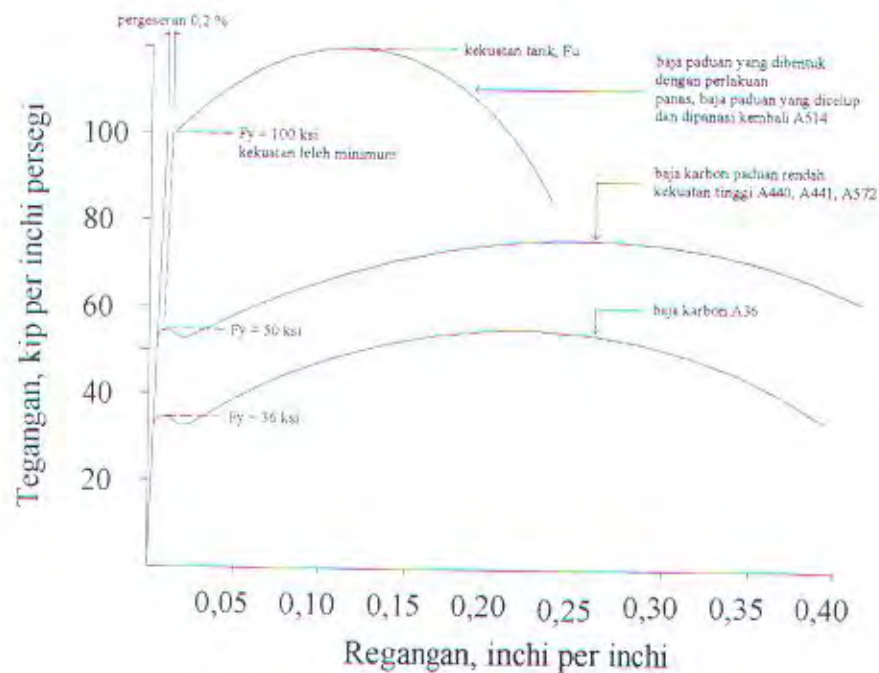
Dewasa ini digunakan 2 filosofi desain yaitu desain tegangan kerja dan desain kekuatan batas. Selama ± 100 tahun desain tegangan kerja menjadi filosofi utama dalam perencanaan struktur baja tetapi ± 25 tahun belakangan ini desain struktur telah bergeser menuju prosedur desain yang lebih rasional dan berdasarkan pada probabilitas yang disebut sebagai desain keadaan batas (*limit state*), yang meliputi

metode-metode yang umum disebut sebagai desain kekuatan batas, desain plastis, desain faktor beban, dan sekarang menjadi desain faktor resistensi beban (*Load Resistance Factor Design*).

2.2. Sifat dan Karakteristik Baja

Di dalam perencanaan (konstruksi), kita perlu mengetahui sifat – sifat material yang akan digunakan (baja), sehingga dapat dihasilkan perencanaan yang optimum.

Sifat dan karakteristik baja dapat digambarkan melalui diagram tegangan dan regangan pada gambar 2.1. Diagram tegangan-regangan tersebut diperoleh dari hasil tes tarik pada beberapa material baja dengan mutu berbeda. Pada baja mutu tinggi (A514) kurva tegangan-regangan tidak menunjukkan adanya tegangan leleh (σ_y) namun kurva membentuk garis linier dan langsung putus (getas). Sifat baja A514 ini lain dengan sifat baja mutu rendah (A36), dimana kurvanya menunjukkan garis linier hingga mencapai tegangan leleh (σ_y), kemudian membentuk garis lurus mendatar dan naik lagi, baru kemudian putus. Untuk mengetahui nilai tegangan leleh (σ_y) pada baja mutu tinggi dapat dilakukan dengan menggunakan $\sigma_{0.2}$ (mutu baja 0.2), artinya bila baja dibebani akan terbentuk suatu regangan, bila beban tadi diambil maka ada sisa regangan sebesar 0.2 % (tidak kembali seperti kondisi semula). $\sigma_{0.2}$ ini ekuivalen dengan σ_y . Pada baja lunak digunakan nilai σ_y itu sendiri (Amerika), misalnya baja A36 memiliki nilai $\sigma_y = 36$ Ksi. Sedangkan di Indonesia berdasarkan nilai σ_u (tegangan ultimit), misalnya BJ 37 menunjukkan baja dengan σ_y sebesar 37 kg/mm^2 .



Gambar 2.1 Diagram Tegangan-Regangan Baja (Tes Tarik)

Berdasarkan kurva tegangan-regangan baja lunak tampak ada daerah yang membentuk suatu garis lurus / linier, daerah ini disebut daerah linier elastis. Pada daerah ini menunjukkan hubungan tegangan-regangan adalah bila beban terus ditingkatkan maka baja akan mengalami perpanjangan (Δ regangan) secara linier dengan kenaikan beban. Kemiringan garis ini ($\tan \alpha$) menyetakan besarnya nilai modulus elastisitas atau sering disebut dengan modulus young (E).

Pada baja yang memiliki tegangan leleh (σ_y), seperti ditunjukkan pada kurva (a) dan (b) pada gambar 2.1 keadaan regangan yang besar dengan tegangan konstan disebut daerah palstis. Daerah plastis ini dapat digunakan sebagai acuan perencanaan (metode plastis) untuk menentukan kekuatan plastis atau sering disebut dengan kekuatan batas atau maksimum.

Apabila regangan yang terjadi menjadi lebih besar 15 sampai 20 kali dari regangan elastis maksimum, maka tegangan akan kembali naik tetapi kemiringannya ($\tan \alpha$) lebih kecil jika dibandingkan dengan kemiringan di daerah elastis. Kenaikan kekuatan ini disebut sebagai pengerasan regangan (strain hardening) dan kemiringan ($\tan \alpha$) pada daerah ini dikenal sebagai modulus pengerasan regangan (E_{st}). Pemakaian daerah pengerasan regangan tidak umum digunakan dalam perencanaan.

Kurva tegangan-regangan juga menunjukkan sifat daktilitas baja. Daktilitas didefinisikan sebagai jumlah regangan permanen, yaitu regangan yang melampaui batas proporsional (tegangan leleh) sampai titik patah. Besar daktilitas dari hasil tes tarik baja dapat dihitung dengan membandingkan luas penampang lintang akhir dengan luas penampang semula (dalam %). Daktilitas penting karena memungkinkan terjadinya kelelahan setempat akibat tegangan yang besar, sehingga distribusi tegangan dapat berubah. Perencanaan berdasarkan kelakuan kekuatan batas memerlukan daktilitas bawaan (inherent) yang besar, terutama untuk mengakomodasi tegangan di dekat lubang atau perubahan bentuk batang yang mendadak, serta untuk perencanaan sambungan.

2.3. Filosofi Desain

Pada dasarnya perencanaan struktur konstruksi harus mampu menyediakan cadangan kekuatan terhadap dua kemungkinan, yaitu :

- Kelebihan beban (overload) yang dapat terjadi sewaktu – waktu karena perubahan nilai fungsi dari konstruksi tersebut.
- Kekurangan kekuatan (under strength), biasanya hal ini disebabkan oleh penyimpangan – penyimpangan dimensi maupun mutu dari material yang digunakan dalam asumsi perencanaan struktur. Sehingga di dalam merencanakan suatu struktur konstruksi harus dipertimbangkan adanya toleransi terhadap material yang digunakan.

Secara umum ada tiga filosofi di dalam pendekatan desain yang umum digunakan, yaitu :

1. Metode Elastis

Metode ini berdasarkan beban kerja, dimana beban kerja yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan kerja yang diijinkan. Secara umum persamaan desain dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum Q_i \leq \frac{R_n}{FS}$$

2. Metode Plastis

Penggunaan metode ini mengacu pada sifat daktil baja, dimana masih ada kekuatan cadangan di atas kekuatan elastis. Perencanaan dengan menggunakan

metode plastis ini ekuivalen dengan mekanisme keruntuhan (collapse mechanism), yaitu : struktur direncanakan sedemikian rupa hingga struktur tersebut tidak mempunyai kemampuan lagi dalam memikul beban, kondisi ini dikatakan bahwa struktur telah mencapai keruntuhan (sering disebut dengan Mekanisme Keruntuhan). Hal ini yang menjadi batasan kekuatan struktur di dalam perencanaan. Secara umum perumusan pada desain pada metode ini adalah :

$$LF.(Q) \leq R_n$$

3. Metode LRFD (Load and Resistance Factor Design)

Metode ini berdasarkan pada konsep "Keadaan Batas" (limit state), yaitu : suatu keadaan dimana struktur atau elemen struktur di desain sampai menunjukkan perilaku tidak dapat berfungsi lagi.

Ada dua kategori yang menyatakan keadaan batas (limit state) :

- Strength limit state : Kemampuan struktur memikul beban
- Serviceability limit state : Kelakuan struktur memikul beban

Secara umum perumusan untuk pendekatan desain metode LRFD ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i$$

- Ruas kiri menyatakan kekuatan nominal R_n yang dikalikan dengan faktor reduksi kapasitas (undercapacity) ϕ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam besarnya daya tahan (resistance uncertainties). Ruas kanan merupakan jumlah hasil kali akibat pengaruh beban Q_i dan faktor kelebihan beban (overload) γ_i .

Secara konvensional, faktor ϕ bisa dipindahkan ke ruas kanan menjadi penyebut sehingga didapatkan faktor keamanan.

2.4. Prosedur Desain

Untuk menghasilkan desain struktur yang optimum, maka perlu adanya prosedur di dalam perencanaan. Secara garis besar prosedur perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan, yaitu : penetapan fungsi yang harus dipenuhi oleh struktur, maka di dalam perencanaan harus ditetapkan spesifikasi yang akan digunakan untuk memperoleh hasil desain yang optimum.
2. Konfigurasi struktur prarencana, yaitu penataan letak elemen agar sesuai dengan fungsi dalam langkah – 1.
3. Penentuan beban yang harus dipikul oleh struktur, hal ini berkaitan dengan fungsi dari konstruksi yang direncanakan.
4. Pemilihan batang prarencana. Berdasarkan keputusan yang diambil pada langkah 1, 2 dan 3, pemilihan ukuran batang dilakukan untuk memenuhi kriteria obyektif seperti berat konstruksi atau besar kecilnya biaya yang akan timbul.
5. Analisa. Analisa struktur dimaksudkan untuk mengetahui aman (tidak berlebihan) atau tidaknya elemen – elemen yang telah dipilih pada konstruksi, termasuk pemeriksaan faktor keamanan dan stabilitas untuk sambungan.
6. Penilaian. Setelah dinyatakan aman pada tahap analisa, maka perlu dilakukan penilaian kembali (cost) apakah desain struktur konstruksi yang dihasilkan bernilai ekonomis (tanpa mengurangi fungsi dan faktor keamanan).
7. Perencanaan ulang. Bila struktur konstruksi tersebut dinyatakan tidak ekonomis pada tahap penilaian, maka langkah 1 sampai 6 perlu diulang kembali.
8. Keputusan akhir. Penentuan optimum dan tidaknya perencanaan telah dilakukan.

2.5. Analisa Struktur

Tujuan analisa struktur ini adalah untuk mengetahui gaya – gaya yang timbul pada elemen struktur akibat beban – beban yang bekerja. Gaya – gaya tersebut

adalah gaya geser, gaya aksial, momen lentur dan momen puntir. Selain itu juga untuk mengetahui besarnya pergeseran lateral Δ , atau sering disebut dengan drift.

Perhitungan analisa struktur ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa software (SAP2000).

2.6. Beban Kerja

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, PPTGIUG 1987 dan PPKGURG 1987

Pembebanan tersebut antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban kerja akibat gravitasi yang tetap posisinya, disebut demikian karena bekerja terus menerus kearah bumi tempat struktur didirikan. Berat struktur dipandang sebagai beban mati, demikian pula perlengkapan – perlengkapan ada pada struktur.

2. Beban Hidup

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak permanen seperti beban mati. Beban jenis ini mungkin akan bekerja pada struktur pada saat tertentu dalam umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasinya tidak tetap, seperti beban furnitur, peralatan dan penghuni bangunan. Besarnya beban hidup tidak semudah menentukan beban mati, dan biasanya harus diperkirakan besarnya. Dalam beberapa kasus, elemen struktur harus diteliti untuk beragam posisi dari beban hidup sehingga sebuah situasi kegagalan yang potensial terjadi tidak diabaikan.

3. Beban Hujan

Beban hujan ini dapat dikategorikan sebagai beban hidup, tetapi pada umumnya diperhitungkan secara terpisah. Beban akibat hujan ini hanya membebani struktur bagian atas (atap).

4. Beban Angin

Beban angin dihitung sebagai tekanan atau hisapan pada permukaan luar konstruksi. Beban ini juga dikategorikan sebagai beban hidup. Beban angin hanya diperhitungkan untuk bangunan tinggi, sedangkan untuk bangunan

yang rendah beban angin ini tidak perlu diperhitungkan. Beban angin sangat berpengaruh sekali terhadap drift (pergeseran akibat goyangan).

5. Beban Gempa

Gempa bumi dapat menimbulkan pergerakan dalam arah mendatar atau vertikal, dengan besar gerak vertikal yang umumnya lebih kecil dari arah mendatar. Karena gerak mendatar mengakibatkan pengaruh yang besar, maka pengaruh pergerakan ini biasa disebut sebagai beban gempa. Perencanaan beban gempa yang digunakan didalam perencanaan ini mengacu pada SNI 03 – 1726 – 2002

Berdasarkan metode LRFD, maka struktur baja harus mampu memikul beban – beban seperti tersebut diatas dengan kombinasi sebagai berikut :

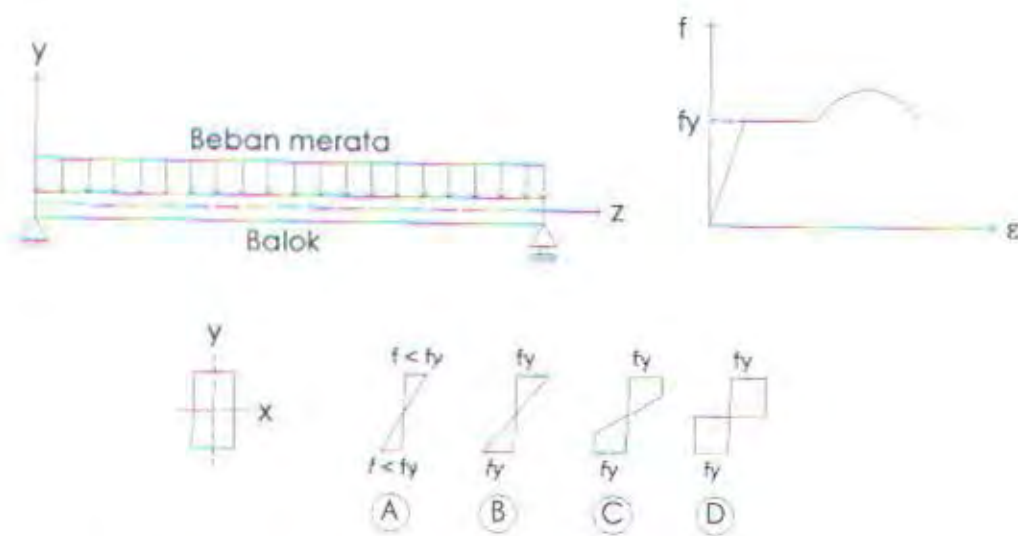
- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- $1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_{LL} \text{ atau } 0,8 W)$
- $1,2 D + 1,3 W + \gamma_{LL} + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- $1,2 D + 1,0 E + \gamma_{LL}$
- $0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$

2.7. Perencanaan Elemen Struktur

2.7.1. Perencanaan Balok Lentur

Balok merupakan salah satu elemen dari suatu struktur bangunan yang menerima beban lentur atau beban lateral (beban tegak lurus arah memanjang bentang).

Prilaku balok bila dibebani oleh beban lentur atau lateral dapat digambarkan seperti pada gambar 2.2.

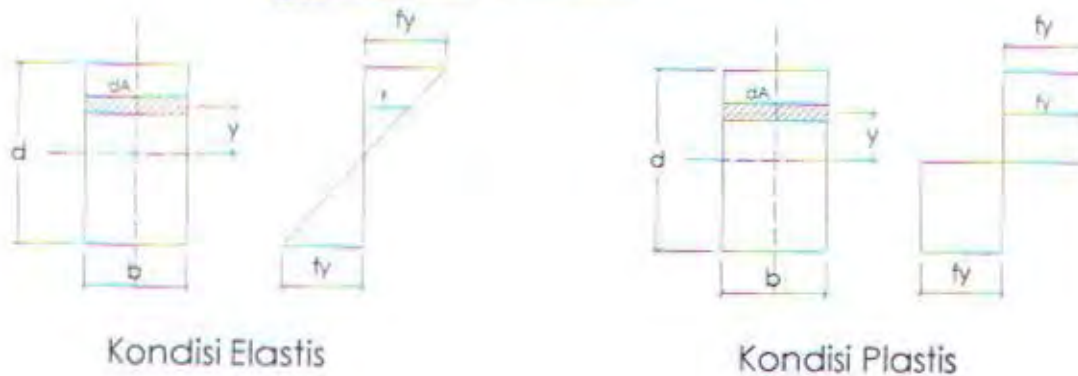
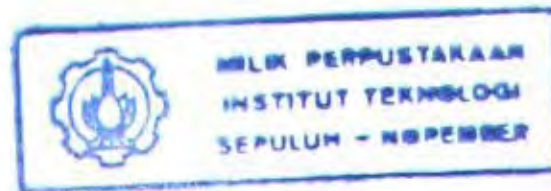


Gambar 2.2 Tegangan Balok Saat Dibebeani Beban Lateral

Bila balok dibeban oleh beban lateral, maka akan terjadi momen lentur yang akan menimbulkan tegangan pada profil balok. Bila beban ditingkatkan terus menerus, maka tegangan yang terjadi akan berubah (kondisi A, B, C, D).

- A. Tegangan maksimum lebih kecil dari tegangan leleh bahan ($f < f_y$).
- B. Tegangan maksimum akan terjadi, dimana tegangan maksimum sama dengan tegangan lelehnya ($f_{\text{mak}} = f_y$) → Batas Elastis.
- C. Tegangan leleh tidak hanya terjadi pada titik ekstrim saja.
- D. Seluruh penampang telah terjadi tegangan leleh → Tegangan Batas.

Pada batas plastis (kondisi B), momen yang terjadi disebut dengan momen leleh (M_y), sedangkan pada batas plastis (kondisi D) momen yang terjadi disebut dengan momen plastis (M_p). Nilai dari momen leleh maupun momen plastis dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Distribusi Tegangan Pada Profil

Nilai momen leleh adalah tegangan yang terjadi dikalikan dengan luasan profil dan dikalikan dengan jarak kopelnya.

$$\begin{aligned}
 M_y &= \int_A f \cdot dA \cdot y & f &= \frac{y}{d/2} \cdot f_y \\
 &= 2 \cdot \int_0^{d/2} \frac{f_y}{d/2} \cdot y^2 \cdot dA & I_x &= 2 \int_0^{d/2} y^2 \cdot dA \\
 &= \frac{f_y}{d/2} \cdot I_x & S_x &= \frac{I_x}{d/2} \\
 M_y &= f_y \cdot S_x & S_x &= \text{Elastis Modulus}
 \end{aligned}$$

Sedangkan momen pada kondisi plastis, secara prinsip sama dengan cara mencari besar nilai momen pada kondisi elastis, hanya pada kondisi plastis nilai f sama dengan f_y .

$$\begin{aligned}
 M_y &= \int_A f \cdot dA \cdot y & Z_x &= 2 \int_0^{d/2} y \cdot dA \\
 &= f_y \cdot 2 \int_0^{d/2} y \cdot dA & Z_x &= \text{Plastis Modulus} \\
 M_y &= f_y \cdot Z_x
 \end{aligned}$$

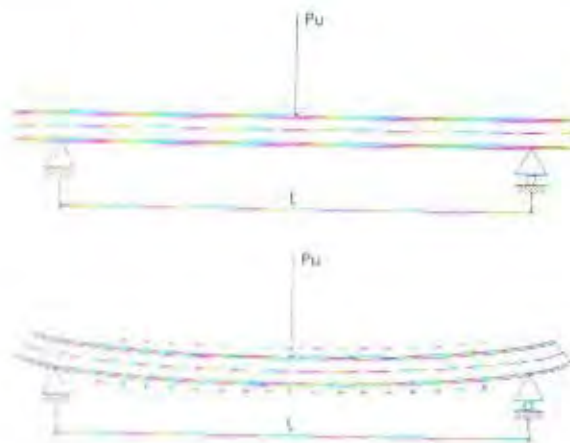
Faktor bentuk untuk penampang profil diatas dapat di ketahui dengan cara membandingkan antara momen plasti (M_p) dengan momen leleh (M_y).

$$\zeta = \frac{M_p}{M_y} = \frac{f_y \cdot Z_x}{f_y \cdot S_x} = \frac{\frac{1}{4} \cdot b \cdot d^2}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot d^2} = 1,50$$

Sedangkan nilai faktor bentuk (ζ) untuk profil WF antara 1,10 ~ 1,20.

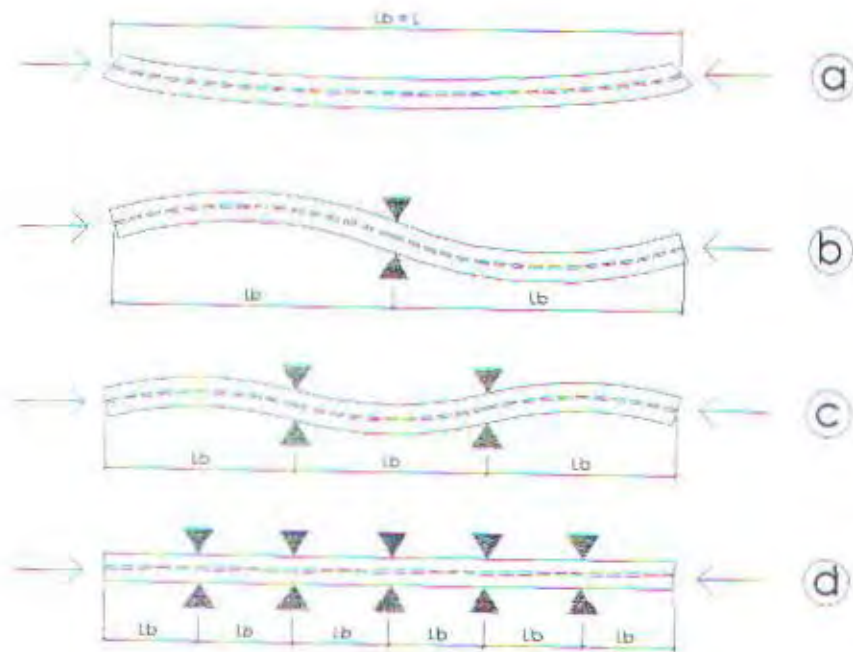
Pengaruh Tekuk Lateral (Lateral Buckling)

Apabila balok dibebani dengan beban grafitasi, maka balok akan melentur (Gambar 2.4), dimana pada bagian bawah profil akan mengalami tegangan tarik, sedangkan pada bagian atas balok akan mengalami tegangan tekan (seperti pada kolom). Untuk mendapatkan kemampuan maksimal dari balok tersebut, maka I_x harus lebih besar dari I_y ($I_x \gg I_y$). Pada kondisi $I_x > I_y$, maka akan terjadi perlemahan terhadap tekuk kesamping (arah sumbu y). Penekukan ini sering disebut dengan “tekuk lateral”.



Gambar 2.4 Prilaku Balok Saat Pembebanan

Beban yang menyebabkan terjadinya tekuk lateral pada umumnya jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan beban yang menyebabkan kegagalan lentur vertikal. Untuk mengatasi terjadinya tekuk lateral ini maka diperlukan adanya penahan lateral, seperti pada gambar 2.5. Semakin kecil jarak pemasangan penahan lateral (L_b), maka beban yang mengakibatkan terjadinya kegagalan lateral semakin besar. Pada L_b mencapai nilai tertentu kegagalan akibat tekuk lateral tidak terjadi.



Gambar 2.5 Balok Dengan Penahan Lateral

Dalam perhitungan jarak penahan lateral (lateral bracing) seperti pada gambar 2.6 pada balok ada tiga kategori (LRFD Pasal 8.3), yaitu :

- *Bentang pendek*

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_b \leq L_p$, kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah $M_n = M_p$ (Zona I \rightarrow Plastic Buckling).

- *Bentang menengah*

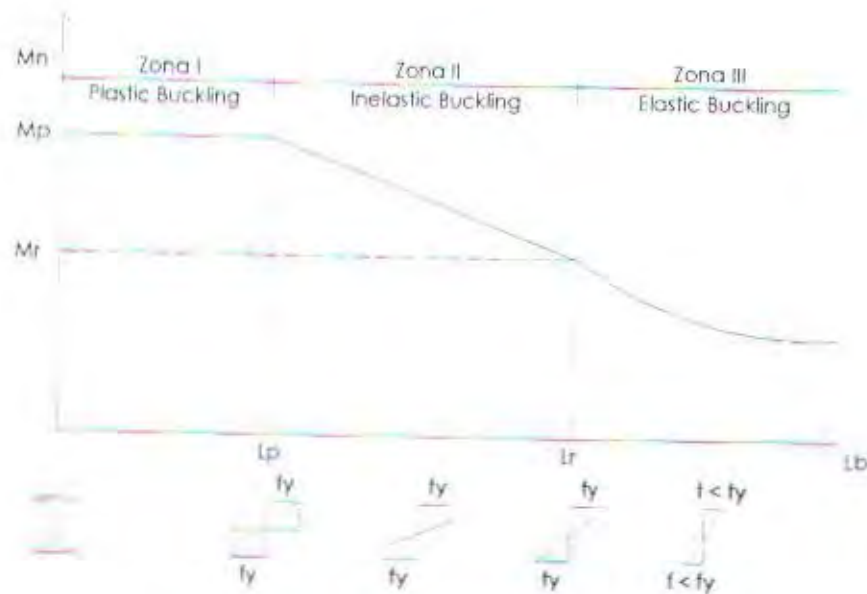
Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p < L_b \leq L_r$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah $M_n \leq M_p$ (Zona II \rightarrow Inelastic Buckling).

- *Bentang panjang*

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r < L_b$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah $M_n < M_r = M_{cr}$.

Keterangan :

- L_b : Panjang bentang antara dua pengikat lateral yang berdekatan.
- L_p : Panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis.
- L_r : Panjang bentang minimum untuk balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral.
- M_n : Kuat lentur nominal balok.
- M_r : Momen batas tekuk.
- M_p : Momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami Tegangan leleh.
- M_{cr} : Momen kritis terhadap tekuk torsi lateral.



Gambar 2.6 Zona Lateral Buckling

Zona I (Plastic Buckling $\rightarrow L_b$ kecil / pendek)

Kalau sayap tertekan balok ditahan menerus $\rightarrow L_b = 0$ atau $L_b \leq L_p$, balok dapat dibebani sampai seluruh balok penampangnya mencapai tegangan leleh (f_y), tanpa tekuk lateral. Nilai L_p tergantung dari ukuran penampang profil dan mutu baja (f_y). Untuk perhitungan L_p dan L_r dapat dilihat pada LRFD Tabel 8.3-2.

Kuat nominal momen balok : $M_n = M_p = f_y \cdot Z \leq 1,5 \cdot M_y$ ($M_y = S \cdot f_y$)

Kuat rencana momen : $M_u = \phi M_n \rightarrow \phi = 0,90$

Zona II (Inelastic Buckling → L_b menengah)

Jarak penahan lateral → $L_p < L_b \leq L_r$

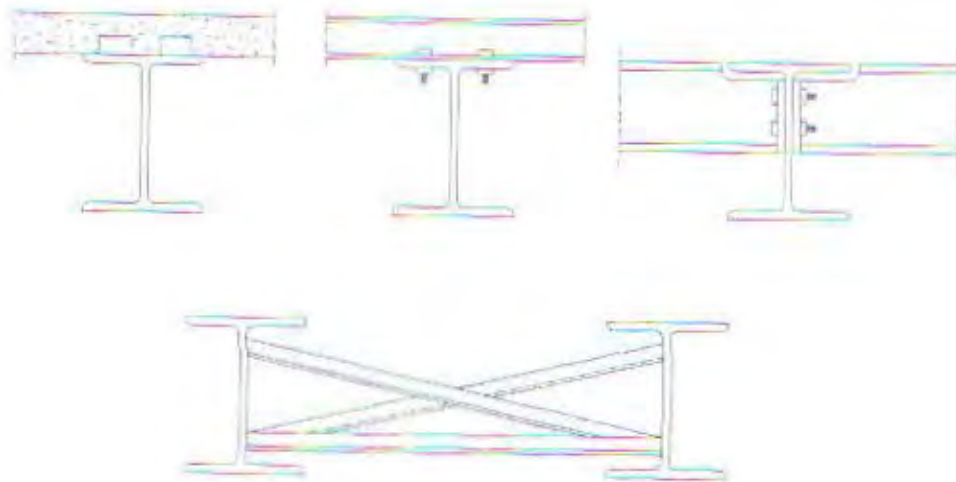
- Kegagalan balok terjadi karena tekuk lateral, penampang balok tidak seluruhnya mencapai tegangan leleh (f_y) → tekuk inelastis.
- Semakin besar L_b , semakin kecil / sedikit penampang yang mencapai tegangan leleh.
- Pada jarak L_b tertentu, hanya titik - titik ekstrim yang mengalami tegangan leleh (f_y), jarak ini disebut dengan L_r . Besar dan kecilnya nilai L_r ini dipengaruhi oleh : ukuran penampang balok, mutu baja (f_y) dan tegangan sisa (f_r), dimana nilai $F_r = 70$ Mpa untuk profil balok buatan pabrik (hot rolled) dan $F_r = 115$ Mpa untuk profil balok buatan.

Zona III (Elastic Buckling → L_b besar panjang)

Jarak penahan lateral (L_b) mencapai lebih besar dari L_r → $L_b > L_r$.

- Kegagalan balok terjadi karena tekuk lateral, penampang balok tidak ada yang mencapai tegangan leleh (f_y) → tekuk elastis.
- Bila L_b semakin besar, momen yang dapat diterima semakin kecil.
- Bila momen yang bekerja pada balok bertambah, maka lendutan kearah lateral juga semakin besar dan akhirnya mencapai M_{cr} .
- Pada kondisi ini balok akan mengalami torsional lateral buckling, yaitu penampang balok akan terpuntir dan sayap tertekan akan tertekuk kearah lateral.
- M_{cr} ini didapatkan dari : tahanan puntir (torsional resistance) dan tahanan warping (warping resistance).

Beberapa contoh penahan lateral dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Dengan Penahan Lateral

Pengaruh Tekuk Lokal (Local Buckling)

Selain pengaruh lateral buckling, local buckling juga dapat mempengaruhi kekuatan nominal lentur pada penampang. Lateral buckling ini diatur didalam LRFD Pasal 8.2. Ada tiga macam kategori local buckling, yaitu :

- Jika $\lambda \leq \lambda_p$ termasuk kategori penampang kompak.

$$M_n = M_p = z \cdot f_y$$

- Jika $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ termasuk kategori penampang tidak kompak.

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

dimana : $M_r = s \cdot (f_y - f_r)$

s = modulus penampang elastis

f_r = tegangan sisa / residu

- Jika $\lambda > \lambda_r$ termasuk kategori penampang langsing.

$$M_n = M_r \cdot \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2$$

λ adalah perbandingan lebar dan tebal elemen plat, sedangkan batasan λ_p dan λ_r dapat dilihat pada LRFD Tabel 7.5-1.

Kuat Nominal Geser

Kuat geser balok sangat dipengaruhi oleh tinggi penampang badan (h) dan tebal plat badan (tw). Kekuatan geser pada balok ini diatur di dalam LRFD Pasal 8.8.

Kekuatan geser balok harus cukup memenuhi :

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow \text{dimana } \phi = 0,9 \text{ (LRFD Tabel 6.4-2)}$$

Kuat nominal (V_n) plat badan dapat dihitung berdasarkan tiga kondisi, yaitu :

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel (h/tw) memenuhi :

$$\left(h/tw \right) \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn.E}{f_y}}$$

Pada kondisi ini plat badan mengalami kelelahan \rightarrow Plastis, sehingga kuat nominal gesernya adalah : $V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel (h/tw) memenuhi :

$$1,10 \sqrt{\frac{kn.E}{f_y}} \leq \left(h/tw \right) \leq 1,37 \sqrt{\frac{kn.E}{f_y}}$$

Pada kondisi ini plat badan mengalami tekukan \rightarrow Inelastic Buckling, sehingga kuat nominal gesernya adalah :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \frac{1,10 \cdot \sqrt{(kn.E) \cdot f_y}}{(h/tw)}$$

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel (h/tw) memenuhi :

$$\left(h/tw \right) \geq 1,37 \sqrt{\frac{kn.E}{f_y}}$$

Pada kondisi ini plat badan mengalami tekuk elastis \rightarrow Elastic Buckling,

sehingga kuat nominal gesernya adalah : $V_n = 0,9 \cdot A_w \cdot \frac{kn.E}{(h/tw)^2}$

- Dimana :
- h = tinggi bersih plat badan
 - a = jarak pengaku vertikal plat badan
 - tw = tebal plat badan
 - E = modulus elastisitas (200000 Mpa)
 - f_y = tegangan leleh (Mpa)
 - A_w = luas penampang plat badan penuh ($A_w = d \cdot tw$)

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \text{ (untuk balok tanpa pengaku vertikal plat badan } k_n = 5)$$

Kontrol Lendutan (Defleksi)

Batasan lendutan atau defleksi pada baja telah diatur di dalam LRFD Pasal 6.4. Lendutan diperhitungkan berdasarkan hal – hal sebagai berikut :

- Lendutan yang besar dapat mengakibatkan rusaknya barang – barang atau alat – alat yang di dukung oleh balok tersebut.
- Penampilan dari suatu struktur akan menjadi rusak atau kurang dari segi estetika dengan adanya lendutan yang terlalu besar.
- Lendutan yang terlalu besar akan menimbulkan rasa tidak nyaman bagi pemakai jasa bangunan tersebut.

Perhitungan lendutan pada balok berdasarkan beban kerja yang dipakai di dalam perhitungan struktur → bukan beban berfaktor. Besarnya lendutan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{\text{maks}} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad \rightarrow \text{ untuk beban terbagi merata}$$

$$f_{\text{maks}} = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad \rightarrow \text{ untuk beban terpusat ditengah bentang}$$

Sedangkan perhitungan lendutan untuk balok statis tak tentu digunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$f_{\text{maks}} = \frac{5 \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I} (M_s - 0,10 \cdot (M_a + M_b)) \quad \text{dimana : } M_a, M_b = \text{Momen tumpuan}$$

$M_s = \text{momen lapangan}$

2.7.2. Perencanaan Balok Komposit

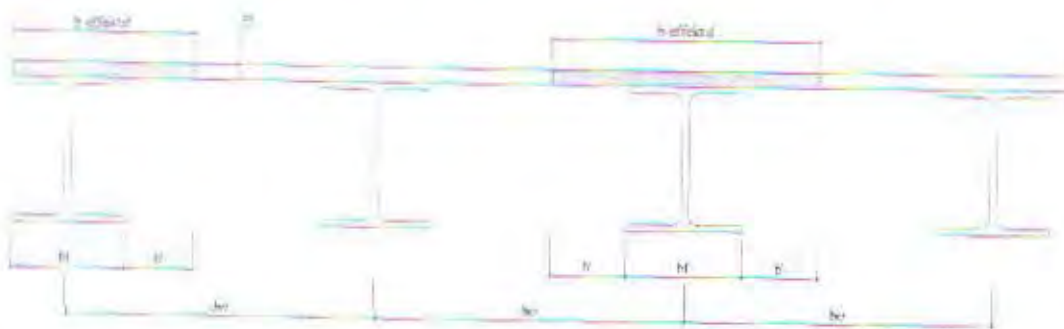
Pada perencanaan balok di dalam tugas akhir ini menggunakan asumsi balok komposit penuh, yaitu asumsi dimana balok baja dan plat beton bekerja secara senergi dan sebagai pengikat antara balok baja dengan plat beton digunakan shear connector.

Lebar Efektif

Analisa untuk lebar efektif melibatkan teori elastisitas yang diterapkan pada plat, dengan lebar flens lebar tak hingga dan tebal relatif kecil dibandingkan dengan kedalaman balok / tinggi balok. Gaya tekan yang dipikul oleh sistem ekuivalensi harus sama dengan yang dipikul oleh sistem sesungguhnya.

Penyederhanaan praktis untuk keperluan desain dalam perhitungan beban layanan maupun perhitungan kekuatan nominal, lebar efektif plat lantai yang membentang pada masing – masing sisi dari sumbu balok seperti digambarkan pada gambar 2.8, adalah :

- Untuk gelagar interior $b_E \leq \frac{L}{4}$
 $b_E \leq b_o \rightarrow$ untuk jarak balok yang sama
 $b_E \leq b_f + 16t_s$
- Untuk gelagar eksterior $b_E \leq \frac{L}{12} + b_f$
 $b_E \leq \frac{1}{2} b_o + \frac{1}{2} b_f$
 $b_E \leq b_f + 16t_s$



Gambar 2.8 Lebar Effektif Pada Plat

Kekuatan Lentur Balok Komposit dengan Penghubung Geser ($\phi b \cdot M_n$)

(LRFD Pasal 12.4.2)

a. Kekuatan lentur positif

- Penampang berbadan kompak $\left(\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \right)$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis ($\phi_b = 0,85$).

- Penampang berbadan tidak kompak $\left(\frac{h}{t_w} \geq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \right)$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan elastis ($\phi_b = 0,85$). Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama ($\phi_b = 0,90$).

b. Kekuatan lentur negatif (LRFD Pasal 12.4.2.2 ~ 12.4.2.3)

- Kekuatan lentur negatif dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit sama dengan kekuatan lentur negatif penampang baja saja ($\phi_b = 0,90$).
- Sebagai alternatif, untuk balok dengan penampang kompak dan tidak langsing, kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis dengan ikut mempertimbangkan pengaruh tulangan baja disepanjang lebar efektif plat beton ($\phi_b = 0,85$).

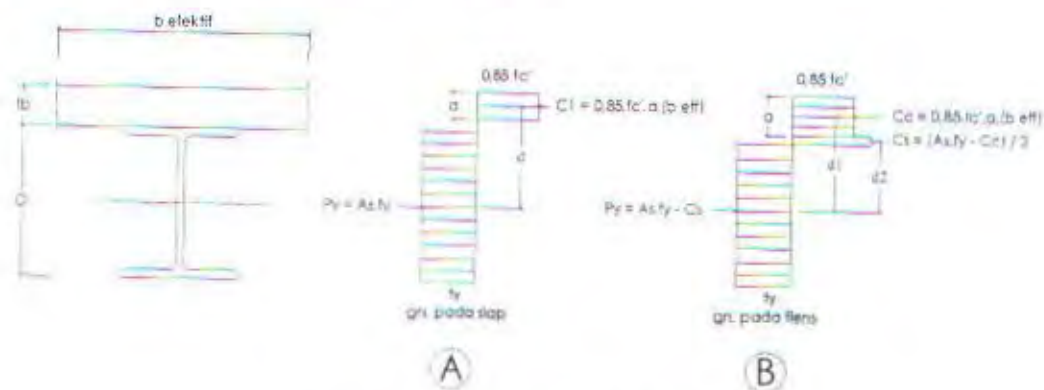
Metode Kekuatan Batas Pada Balok Komposit

Kekuatan batas pada penampang komposit tergantung dari kekuatan leleh dan sifat balok baja, kekuatan plat beton dan kapasitas interaksi penyambung geser yang menghubungkan balok dengan plat.

Kekuatan batas dinyatakan di dalam kapasitas momen batas dan cara penentuan kapasitas momen batas tergantung pada letak garis netral, yaitu memotong plat beton atau balok baja. Jika garis netral memotong plat beton, plat beton tersebut dikatakan memadai, yaitu plat beton mampu menahan gaya tekan total. Jika garis netral memotong balok baja, plat beton dianggap tidak memadai, yaitu plat beton hanya mampu menahan sebagian gaya tekan dan sisanya ditahan oleh balok baja.

Kedua kondisi tersebut secara umum dapat dijabarkan didalam distribusi tegangan, yaitu :

a. Distribusi tegangan plastis momen positif



Gambar 2.9 Distribusi tegangan momen positif

Besar gaya tekan "C" pada plat beton adalah

$$C1 = A_s \cdot f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{\text{eff}}$$

Untuk menentukan tinggi tekan efektif pada plat beton adalah

$$a = \frac{C}{0.85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}}}$$

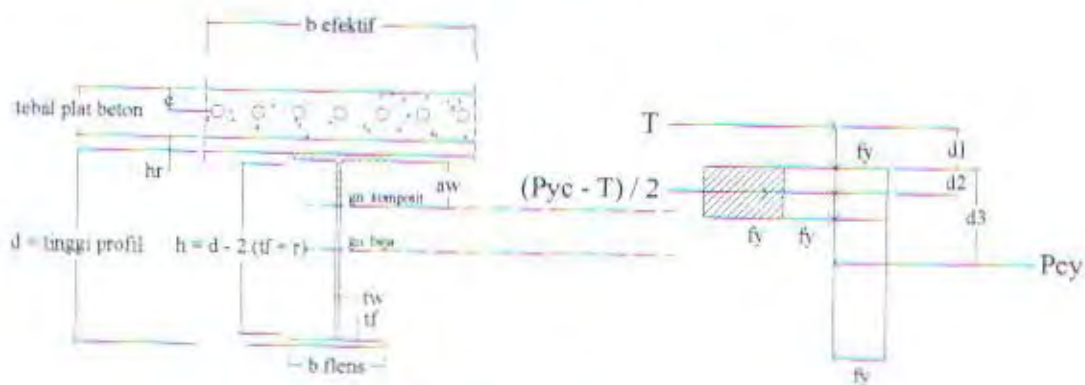
Sedangkan besar momen yang dapat ditahan oleh balok komposit adalah

$$M_u = C1 \cdot d \quad \rightarrow \text{gambar 2.9 bagian A}$$

$$M_u = (C_c \cdot d_1) + (C_s \cdot d_2) \quad \rightarrow \text{gambar 2.9 bagian B}$$

Dimana d adalah jarak kopel antara gaya tekan dengan gaya tarik pada balok komposit.

b. Distribusi tegangan plastis momen negatif



Gambar 2.10 Distribusi tegangan momen negative

Langkah – langkah perhitungan balok komposit dengan momen negatif :

- Menentukan gaya tarik pada balok baja

$$T = n \cdot A_r \cdot f_{yr}$$

$$P_{yc} = A_s \cdot f_y$$

- Menghitung gaya yang terjadi pada sayap (P_f) dan pada badan (P_w)

$$P_f = b_f \cdot t_f \cdot f_y$$

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f$$

$$a_w = P_w / (t_w \cdot f_y)$$

$$d_1 = h_r + t_b - c$$

$$d_2 = \frac{(P_f \cdot 0,5 \cdot t_f) + (P_w \cdot (t_f + 0,5 \cdot a_{wep}))}{P_f + P_w}$$

$$d_3 = \frac{d}{2}$$

- Menghitung momen negatif yang terjadi

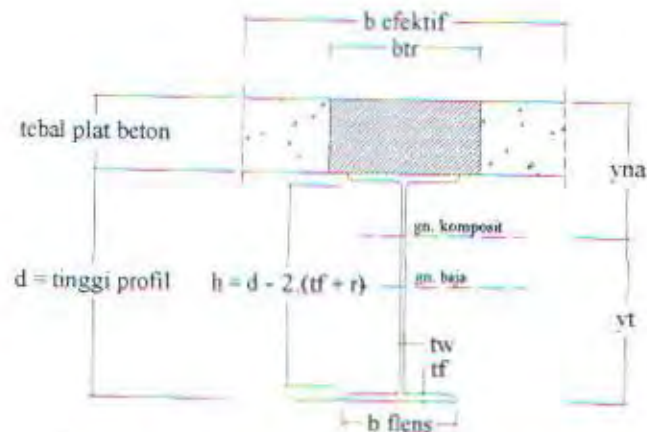
$$M_n = T (d_1 + d_2) + P_{cy} (d_3 - d_2)$$

$$\text{Jadi } \mu = \phi \cdot M_n$$

Metode Transformasi Luas Pada Balok Komposit

Kekuatan balok komposit ini dapat dihitung dengan menggunakan Metode Transformasi Luas, dimana beton pada penampang komposit di ubah menjadi baja ekuivalen. Pada penampang komposit luas beton direduksi dengan memakai lebar plat yang samadengan b_{eff} / n , dengan n adalah rasio modulus elastisitas baja E_s dengan modulus elastisitas beton E_c . N sring di sebut dengan Rasio Moduler.

Secara umum perhitungan balok komposit Metode Transformasi Luasan dengan kondisi momen positif, yaitu :



Gambar 2.11 Balok komposit penuh dengan momen positif

Langkah – langkah perhitungan balok komposit dengan kondisi momen positif adalah :

- Kontrol kekuatan penampang baja (local buckling)

$$\frac{b}{2.t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \qquad \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{200}{2.13} \leq \frac{170}{\sqrt{240}} \qquad \frac{342}{8} \leq \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

- Menghitung lebar efektif plat beton

Untuk gelagar interior $b_E \leq \frac{L}{4}$

$b_E \leq b_o \rightarrow$ jarak balok yang sama

$b_E \leq b_f + 16t_s$

Untuk gelagar eksterior $b_E \leq \frac{L}{12} + b_f$

$b_E \leq \frac{1}{2} b_o + \frac{1}{2} b_f$

$b_E \leq b_f + 16t_s$

- Menghitung nilai transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,043 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{plat \text{ beton}}$$

- Menentukan letak garis netral penampang transformasi

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{plat\ beton}}{2} + \left[A_s \cdot \left(t_{plat\ beton} + \frac{d}{2} \right) \right]}{(A_{tr} + A_s)}$$

- Menghitung momen inersia penampang transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{plat\ beton})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{plat\ beton}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{plat\ beton} \right) - Y_{na} \right)^2$$

- Menghitung statis momen penampang transformasi

$$\begin{aligned} y_c &= Y_{na} \\ y_t &= D + t_b - Y_{na} \\ S_{tr,c} &= \frac{I_{tr,c}}{y_c} \text{ dan } S_{tr,t} = \frac{I_{tr,t}}{y_t} \end{aligned}$$

- Menghitung momen ultimate

Kapasitas momen positif penampang balok komposit penuh digunakan dari nilai yang terkecil dari :

$$Mn_1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot n \cdot S_{tr,c}$$

$$Mn_2 = f_y \cdot S_{tr,t}$$

$$\text{Jadi } Mu = \phi \cdot Mn$$

Kekuatan Penghubung Geser (shear connector).

Shear connector berfungsi sebagai pengikat antara balok baja dengan plat beton, agar keduanya dapat bekerja secara sinergi. Shear connector ini ada beberapa macam tipe, antara lain :

- Kekuatan penghubung geser jenis paku / stud.

(LRFD Pasal 12.6.3)



Gambar 2.12 Penghubung geser type stud / paku

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \left(\sqrt{f_c' \cdot E_c} \right) \cdot r_s \leq A_{sc} \cdot f_u$$

dimana :

- $r_s = 1,00$ (untuk plat beton biasa)
- $r_s \leq 1,00$ (untuk deck baja gelombang)
- $A_{sc} =$ Luas penampang shear connector $\left(\frac{\pi}{4} \times d^2 \right)$
- $F_u =$ Tegangan putus penghubung paku / stud
- $Q_n =$ Kuat nominal geser untuk penghubung geser

- Kekuatan penghubung geser jenis canal.

(LRFD Pasal 12.6.4)



Gambar 2.13 Penghubung geser type cana

$$Q_n = 0,3 \cdot (t_f + 0,5 \cdot t_w) \cdot L_c \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c}$$

dimana :

t_f = Tebal plat sayap

t_w = Tebal plat badan

L_c = Panjang penghubung geser canal

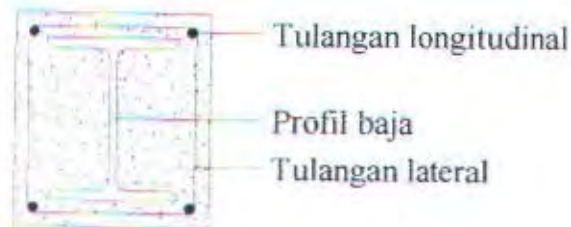
Untuk menentukan jumlah penghubung geser (shear connector) yang dibutuhkan pada suatu bentang, dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{T_{maks}}{Q_n} = \frac{C_{maks}}{Q_n}$$

2.7.3. Perencanaan Kolom Komposit

Ada dua tipe jenis kolom komposit, yaitu :

- Kolom komposit terbuat dari profil baja yang di beri selubung beton sekelilingnya (kolom berselubung beton).



Gambar 2.14 Kolom komposit type kolom berselubung beton

- Kolom komposit dari penampang baja berongga (kolom berintikan beton).



Gambar 2.15 Kolom komposit type kolom berintikan beton

Batasan – batasan untuk kolom komposit (LRFD Pasal 12.3.1).

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan :

- Luas penampang baja $\geq 4 \%$ dari luas penampang komposit.
- Kolom baja berselubung beton harus diberi tulangan longitudinal dan tulangan lateral minimal sebesar $0,18 \text{ mm}^2$ untuk setiap mm jarak tulangan longitudinal.
- Jarak antar pengikat lateran tidak boleh melebihi $2/3$ dari dimensi terkecil penampang komposit.
- Tebal bersih selimut beton dari tepi luar tulangan longitudinal minimal 40 mm.
- Mutu beton : $21 \text{ Mpa} \leq f_c' \leq 55 \text{ Mpa}$.
- Mutu profil baja dan baja tulangan : $f_y \leq 380 \text{ Mpa}$ (digunakan didalam perhitungan).
- Tebal minimum dinding penampang baja berongga :

a. Penampang persegi : $t_{\min} = b \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot E}}$

b. Penampang bulat : $t_{\min} = D \sqrt{\frac{f_y}{8 \cdot E}}$

Kekuatan Rencana Kolom Komposit (LRFD Pasal 12.3.2).

- Kekuatan rencana kolom komposit yang menumpu beban aksial adalah $\phi_c N_n$ dengan $\phi_c = 0,85$.

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = A_s \cdot \frac{f_{my}}{\omega} \rightarrow \omega = \text{faktor tekuk.}$$

untuk	$\lambda_c \leq 0,25$	$\rightarrow \omega = 1$
	$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2$	$\rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$
	$\lambda_c \geq 1,2$	$\rightarrow \omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

dimana

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$f_{my} = f_y + C_1 \cdot f_y \cdot \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + C_2 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + C_3 \cdot E_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'}$$

r_m	= Jari - jari girasi kolom komposit, mm
f_{my}	= Tegangan leleh kolom komposit, Mpa
f_{yr}	= Tegangan leleh tulangan, Mpa
E_m	= Modulus elastisitas kolom komposit, Mpa
w	= Berat jenis beton
A_r	= Luas tulangan longitudinal, mm ²
A_c	= Luas penampang beton, mm ²
A_s	= Luas penampang profil baja, mm ²
E	= Modulus elastisitas baja, Mpa
E_c	= Modulus elastisitas beton, Mpa
f_{cr}	= Tegangan tekan kritis, Mpa
f_c'	= Kuat tekan karakteristik beton, Mpa
k_c	= Faktor panjang efektif kolom
L	= Panjang unsur struktur, mm
N_n	= Kuat aksial nominal, N
λ_c	= Parameter kelangsingan
ϕ_c	= Faktor reduksi beban aksial tekan
ω	= Faktor tekuk

Pada persamaan diatas besar nilai koefisien C_1 , C_2 dan C_3 adalah

Untuk profil baja diisi dengan beton :

$$C_1 = 1,0, C_2 = 0,85, C_3 = 0,4$$

Untuk profil baja berselubung beton :

$$C_1 = 0,7, C_2 = 0,6, C_3 = 0,2$$

- Kekuatan rencana kolom komposit yang menahan beban kombinasi aksial dan lentur (LRFD Pasal 7.4.3.3).

a. $\frac{N_u}{\phi_c N_n} \geq 0,2$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

b. $\frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,2$

$$\frac{N_u}{2 \phi_c N_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

dimana :

N_u = Gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

N_n = Kuat nominal penampang, N

ϕ = Faktor reduksi kekuatan



- $\phi_c = 0,85$ (struktur tekan)
 $\phi_b = 0,90$ (struktur lentur)
 M_{nx}, M_{ny} = Momen lentur nominal penampang komponen struktur masing – masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N.mm
 M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor masing – masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N.mm

2.7.4. Perencanaan Sambungan

Sambungan elemen struktur baja merupakan bagian penting, sambungan yang kurang memadai dapat menjadi perlemahan pada struktur. Sambungan struktur baja (sering digunakan) pada umumnya ada tiga macam, yaitu : sambungan las, sambungan baut atau kombinasi antara sambungan las dengan baut.

1. Sambungan Baut

Baut yang memikul gaya terfaktor R_u harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi_r R_n \rightarrow \phi_r = 0,75$$

a. Kuat geser

Kuat geser rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_r V_n = \phi_r m r_1 f_u A_b$$

dimana :

- r_1 : 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser
 r_2 : 0,40 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

Kuat tarik rencana satu baut yang memikul gaya geser terfaktor, V_u dan gaya tarik terfaktor T_u secara bersamaan harus memenuhi persyaratan berikut :

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n.A_b} \leq m.r_1.\phi_r.f_u$$

$$f_t = 1,3.f_u - r_2.f_{uv} \leq f_u$$

$$T_d = \phi_r T_n = \phi_r.f_t.A_b = \frac{T_u}{n}$$

Untuk baut mutu tinggi :

$r_1 = 1,9$ untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2 = 1,5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

Untuk baut mutu normal : $r_2 = 1,9$

b. Kuat tumpu

Kekuatan tumpu rencana tergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen plat yang disambung. Bila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi plat dalam arah kerja gaya lebih besar dari $1,5\phi_{\text{lubang}}$, jarak antar lubang $3\phi_{\text{lubang}}$ dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f \cdot R_n = 2,4 \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah kerja berlaku persamaan berikut :

$$R_d = \phi_f \cdot R_n = 2,0 \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

2. Sambungan Las

Sambungan las merupakan penggabungan dua bagian baja dimana bagian yang akan disambung dipanaskan dan digabung bersama dengan penambahan logam yang dicairkan yang ditambahkan pada sambungan. Las sudut yang memikul gaya terfaktor persatuan panjang las harus memenuhi ketentuan :

$$R_u = \phi_f R_{mv} \rightarrow \phi_f = 0,75$$

dimana : $R_{mv} = 0,75 t_l (0,6 f_{uw})$ kekuatan dari las, t_l = tebal rencana las

$R_{mv} = 0,75 t_l (0,6 f_u)$ kekuatan dari bahan las

Las sudut kebanyakan dibuat dengan ukuran kaki yang sama. Tebal las minimum pada pengelasan tipe sudut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tebal Las Minimum

Tebal Bagian Paling Tebal "t" (mm)	Tebal Minimum Las Sudut "t" (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t < 15$	5
$15 < t$	6

2.8. Pondasi Tiang Pancang

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dan survey jenis pondasi bangunan disekitar lokasi proyek Gedung Perkantoran Jl. Panglima Sudirman 7 Surabaya ini, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Daya dukung vertikal tiang dihitung berdasarkan kombinasi tahanan gesekan (*friction*) dan tahanan ujung (*end bearing*). Data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil boring (Testana Engineering, Inc).

Adapun perumusan Daya Dukung Ultimate pada sebuah pondasi adalah :

$$Q_{sp} = \frac{A_p \times C_n}{3} + \frac{\theta \times JHP}{5}$$

Di mana :

Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (kg)

A_p = Luas penampang tiang (cm²)

C_n = Nilai Conus (kg/cm²)

θ = Keliling tiang (cm)

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm²)

BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Cipta Karya
1994

BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

3.1 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan suatu sarana untuk menghubungkan antara ruang yang memiliki perbedaan elevasi di dalam sebuah bangunan. Pada perencanaan ini, tangga dijadikan sebagai sarana untuk penyelamatan yang bersifat emergency. Adapun persyaratan perencanaan tangga yang baik adalah :

$$\begin{aligned} 60 \text{ cm} &< 2t + i < 65 \text{ cm} \\ 25^0 &< \alpha < 40^0 \end{aligned}$$

di mana : t = tinggi injakan i = lebar injakan
 α = kemiringan tangga

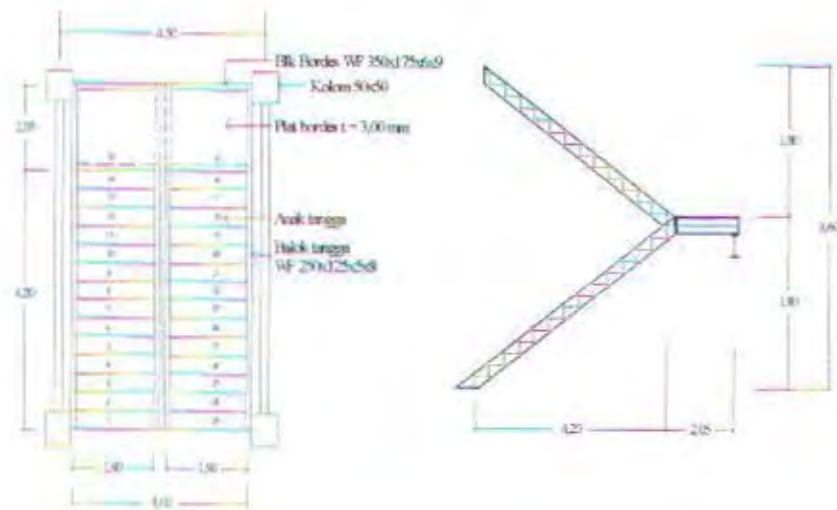
Perencanaan injakan dan tanjakan :

- Beda tinggi lantai = 360 cm
- Elevasi bordes = 180 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Jumlah tanjakan = $180 \text{ cm} : 15 \text{ cm} = 12 \text{ buah}$

$$\text{Sisanya} = 180 - (12 \times 15) = 0$$

Maka jumlah seluruhnya = 12 buah

- Jumlah injakan = $12 - 1 = 11 \text{ buah}$
- Sudut tangga (α) = $\text{arc tg} [180 : (11 \times 30)] = 28,6^0$
- Lebar bordes = 450 cm
- Panjang bordes = 205 cm

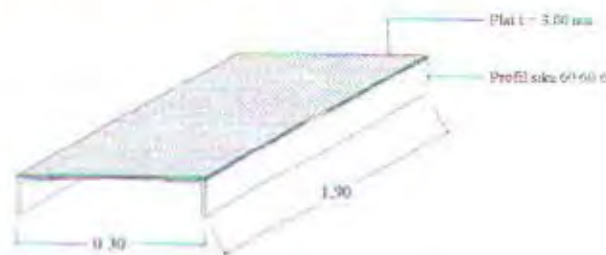


Gambar 3.1 Sketsa tangga

3.1.1 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Direncanakan plat anak tangga :

- Tebal Plat Bordes = 3 mm (BJ 41)
- $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$
- $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$
- Berat baja = 7850 kg/m^2



Gambar 3.2 Penampang melintang anak tangga

Pembebanan

a. Beban Mati (DL)

- Beban Plat 3 mm = $0,003 \cdot 7850 \cdot 1,90 = 44,75 \text{ kg/m}$
 - Beban tambahan = $(\pm 10 \%) = 4,48 \text{ kg/m}$
- $q_D = 49,23 \text{ kg/m}$

b. Beban Hidup (LL)

- Beban Hidup Lantai Tangga (300 kg/m^2) . $q_{LL} = 300 \cdot 1,90 = 570 \text{ kg/m}$

Momen Berfaktor

$$q_{ult} = 1,2 \cdot 49,23 + 1,6 \cdot 570 = 971,08 \text{ kg/m}$$

$$M_{ult} = 1/8 \cdot q_{ult} \cdot L^2 = 1/8 \cdot 971,08 \cdot 0,3^2 = 10,92 \text{ kg.m}$$

Kontrol Kekuatan Pelat

Karena kedua sisi plat dikekang / diberi pengaku maka $L_B = 0$

$$Z_x = 1/4 \cdot b \cdot d^2 = 1/4 \cdot 190 \cdot 0,3^2 = 4,28 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 1/12 \cdot b \cdot d^3 = 1/12 \cdot 190 \cdot 0,3^3 = 0,43 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1/12 \cdot b \cdot d^3 = 1/12 \cdot 0,3 \cdot 190^3 = 171475 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{b}} = \sqrt{\frac{171475}{190}} = 28,24 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 28,24 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 1405,80 \text{ cm}$$

$L_B < L_p \rightarrow$ Bentang pendek

$$M_n = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 4,28 \cdot 2500 = 10700 \text{ kg.cm} = 107 \text{ kg.m}$$

$$M_u \leq 0,9 M_{nx}$$

$$10,97 \text{ kg.m} \leq 96,3 \text{ kg.m} \dots (\text{OK})$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm}$$

$$y_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(q_D + q_L) L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0,492 + 5,70) 30^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,43} = 0,076 \text{ cm}$$

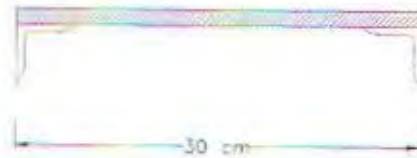
$$y_{max} \leq f \dots (\text{OK})$$

plat 3 mm dapat dipakai

3.1.2 Perhitungan Pengaku Plat Anak Tangga.

Direncanakan plat anak tangga :

- Tebal plat = 3 mm = 0,3 cm
- BJ baja = 7850 kg/m³



Gambar 3.3 Penampang melintang anak tangga

Direncanakan profil siku L 60.60,6 di mana :

$$\begin{aligned}
 b &= 60 \text{ mm} & W &= 5.42 \text{ kg/m} & A &= 6.910 \text{ cm}^2 \\
 t_w &= 6 \text{ mm} & I_x &= I_y = 22.80 \text{ cm}^4 & r &= 8 \text{ mm} & i_x &= i_y = 1.820 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

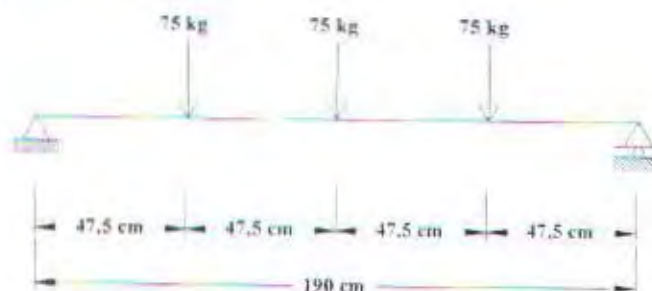
Pembebanan Pada Plat Anak Tangga :

1. Beban Mati (1/2 lebar injakan)

$$\begin{aligned}
 \text{▪ berat plat} &= 0.003 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 7850 \text{ kg/m}^3 &= 3.53 \text{ kg/m} \\
 \text{▪ berat profil} &= 5.42 \text{ kg/m} &= 5.42 \text{ kg/m} \\
 &&= 8.95 \text{ kg/m} \\
 \text{▪ berat tambahan 15 \% (15\% \cdot 8.95 kg/m)} &= 1.34 \text{ kg/m} \\
 q_d &= 10.29 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$M_D = 1/8 \cdot q_d \cdot L^2 = 1/8 \cdot 10.29 \cdot 1.90^2 = 4.64 \text{ kg-m} = 464 \text{ kg-cm}$$

2. Beban Hidup (1/2 lebar injakan)



Gambar 3.4 Pembebanan pada anak tangga

$$M_L = (112,5 \cdot 0,95) - (0,475 \cdot 75)$$

$$= 71,25 \text{ kg-m} = 7125 \text{ kg-cm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} (1,2 \cdot 10,29 \cdot 1,90) + \frac{1}{2} (1,6 \cdot 225)$$

$$= 191,73 \text{ kg}$$

$$M_u = (1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L)$$

$$= (1,2 \cdot 464 + 1,6 \cdot 7125)$$

$$= 11956,8 \text{ kg-cm}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f = \frac{L}{240} = \frac{190}{240} = 0,792 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{ft} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q_D \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{19}{384} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,1029 \cdot 190^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 22,80} + \frac{19}{384} \cdot \frac{75 \cdot 190^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 22,80} = 0,596 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\bar{f}_v \leq f$$

$$0,596 \text{ cm} < 0,792 \text{ cm} \dots (\text{OK})$$

Kontrol Penampang (Local Buckling)

$$h = 60 - (6 + 8) = 46 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{t_w} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{60}{6} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$10 < 10,75 \dots (\text{OK})$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{46}{6} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$7,67 < 106,25 \dots (\text{OK})$$

Kontrol Lateral Buckling

Propil dengan pengaku disepanjang bentang

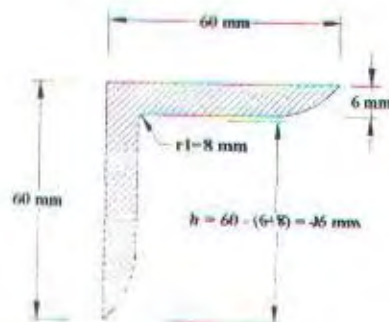
$$L_B = 0$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 1,82 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 90,6 \text{ cm}$$

$L_B < L_p \rightarrow$ Bentang Pendek $M_n = M_{px}$

Penampang kompak di mana $M_n = M_{px}$



Gambar 3.5 Penampang profil pengaku siku anak tangga

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \cdot d) \cdot \frac{1}{2}d + (t_w \cdot (b - t_w)) \cdot \frac{1}{2}t_w \\ &= (0,6 \cdot 6,0) \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,0 + (0,6 \cdot (6,0 - 0,6)) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,6 = 11,77 \text{ cm}^3 \\ M_p &= 11,77 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 = 29425 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_u \leq \phi M_p$

$$11956 \text{ kgcm} \leq 0,9 \cdot 29425 \text{ kgcm}$$

$$11956 \text{ kgcm} < 26482,5 \text{ kgcm} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{46}{6} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$7.67 < 69.57 \rightarrow \text{geser plastis}$$

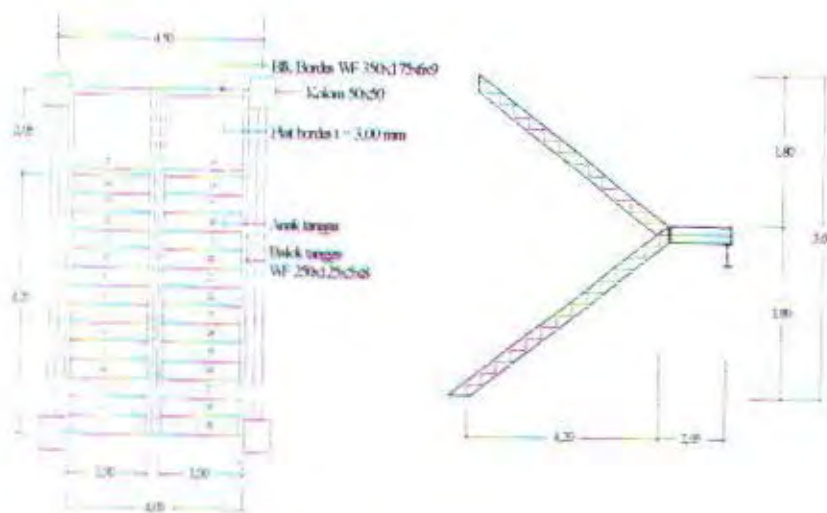
$$V_n = 0.6 \cdot f_y \cdot A_w = 0.6 \cdot 2500 \cdot 0.6 \cdot 6 = 5400 \text{ kg}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$191,73 \text{ kg} \leq 0.9 \cdot 5400 \text{ kg}$$

$$191,73 \text{ kg} < 4860 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

3.1.3 Perencanaan Balok Tangga

Gambar 3.6 Posisi balok tangga

Direncanakan profil balok tangga dengan WF 250.125.5.8

$A = 32,68 \text{ cm}^2$	$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$S_x = 285 \text{ cm}^3$
$W = 25,7 \text{ kg/m}$	$I_y = 32,68 \text{ cm}^4$	$S_y = 41,1 \text{ cm}^3$
$bf = 124 \text{ mm}$	$ix = 32,68 \text{ cm}$	$Z_x = 305 \text{ cm}^3$
$d = 248 \text{ mm}$	$iy = 32,68 \text{ cm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$
$tw = 5 \text{ mm}$	$r = 32,68 \text{ mm}$	$h = 248 - 2(8+12)$
$tf = 8 \text{ mm}$		$= 208 \text{ mm}$

Pembebanan Balok Tangga (Balok 1, 2, 3)

1. Beban Mati (1/2 lebar anak tangga)

▪ berat profil	$= 25,7 \text{ kg/m} : \cos 28,6^\circ$	$= 22,56 \text{ kg/m}$
▪ berat plat anak tangga	$= (10,29 \text{ kg/m} : 0,15 \text{ m}) \cdot 1,075 \text{ m}$	$= 73,75 \text{ kg/m}$
▪ railing tangga	$= 20 \text{ kg/m}$	$= 20 \text{ kg/m}$
		<hr/>
		$q_{d1} = 116,31 \text{ kg/m}$

2. Beban Hidup (1/2 lebar anak tangga)

$$q_{d1} = 300 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,075 \text{ m} = 322,5 \text{ kg/m}$$

Pembebanan Balok Bordes :

Beban hidup	$= 300 \text{ kg/m}^2$	$= 300 \text{ kg/m}$
Beban tegel 2 cm	$= 0,02 \cdot 2400$	$= 48 \text{ kg/m}$
Beban spesi 2 cm	$= 0,02 \cdot 2100$	$= 42 \text{ kg/m}$
		<hr/>
		$q_{total} = 390 \text{ kg/m}$

Dipakai combideck dengan data (L = 2100 mm)

Berat combideck = $9,20 \text{ kg/m}^2$

Tebal combideck = 10 cm

Tanpa penyangga

Direncanakan profil balok bordes dengan WF 350x175x6x9

1. Beban Mati (1/2 lebar anak tangga)

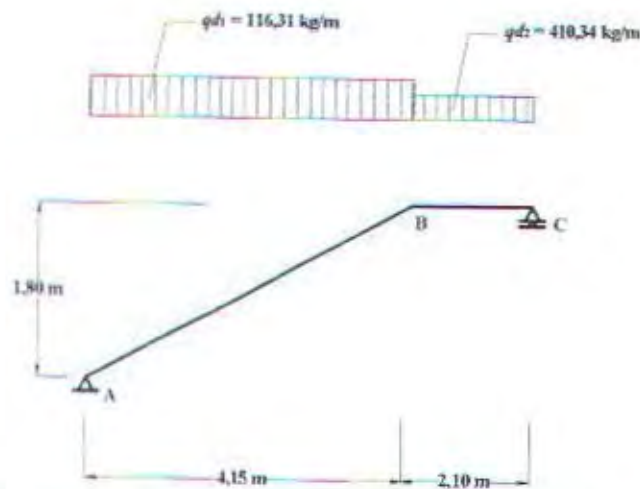
▪ berat tegel (2 cm)	$= 0,02 \cdot 2400 \cdot 1,075 \text{ m}$	$= 51,6 \text{ kg/m}$
▪ berat spesi (2 cm)	$= 0,02 \cdot 2100 \cdot 1,075 \text{ m}$	$= 45,15 \text{ kg/m}$
▪ berat plat combideck	$= 9,20 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,075$	$= 9,89 \text{ kg/m}$
▪ berat plat beton	$= 0,10 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,075 \text{ m}$	$= 258 \text{ kg/m}$
▪ berat balok bordes	$= 25,7 \text{ kg/m}$	$= 25,7 \text{ kg/m}$
▪ railing tangga	$= 20 \text{ kg/m}$	$= 20 \text{ kg/m}$
		<hr/>
		$q_{d2} = 410,34 \text{ kg/m}$

2. Beban Hidup (1/2 lebar anak tangga)

$$q_{d2} = 300 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,075 \text{ m} = 322,5 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Gaya-Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Struktur Tangga

A. Beban Mati



Gambar 3.7 Pembebanan pada tangga akibat beban mati

$$V_{DA} = \{(q_{d1} \cdot 4,15 \text{ m} \cdot 4,175 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \cdot q_{d2} \cdot 2,10^2)\} / 6,250 \text{ m} = 467,20 \text{ kg} (\uparrow)$$

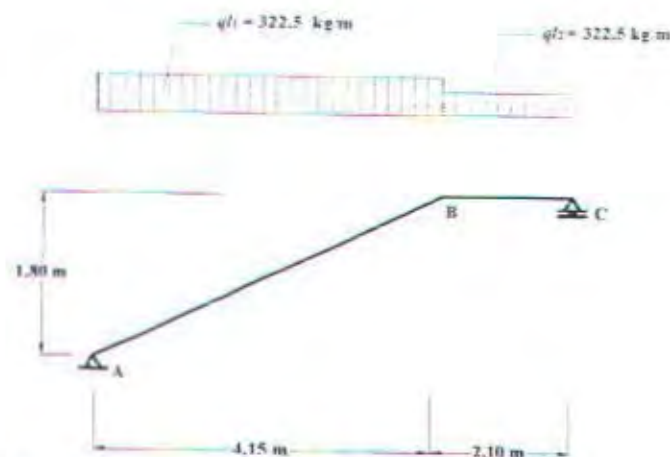
$$V_{DC} = \{(q_{d2} \cdot 2,10 \text{ m} \cdot 5,20 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \cdot q_{d1} \cdot 4,15^2)\} / 6,250 \text{ m} = 877,20 \text{ kg} (\uparrow)$$

$$\text{Kontrol : } \sum V = 0$$

$$467,20 \text{ kg} + 877,20 \text{ kg} = (116,31 \text{ kg/m} \cdot 4,15 \text{ m}) + (410,34 \text{ kg/m} \cdot 2,10 \text{ m})$$

$$1344,40 \text{ kg} = 1344,40 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

B. Beban Hidup



Gambar 3.8 Pembebanan pada tangga akibat beban hidup

$$V_{LA} = \{(q_{l1} \cdot 4,15 \text{ m} \cdot 4,175 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \cdot q_{l2} \cdot 2,1^2)\} / 6,250 \text{ m} = 1007,81 \text{ kg} (\uparrow)$$

$$V_{LC} = \{(q_{l2} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 5,2 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \cdot q_{l1} \cdot 4,15^2)\} / 6,250 \text{ m} = 1007,81 \text{ kg} (\uparrow)$$

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned}
 1007,81 \text{ kg} + 1007,81 \text{ kg} &= (322,5 \text{ kg/m} \cdot 4,15 \text{ m}) + (322,5 \text{ kg/m} \cdot 2,10 \text{ m}) \\
 2015,62 \text{ kg} &= 2015,62 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Gaya-Gaya Dalam Ultimate

$$\begin{aligned}
 q_{u1} &= (1,2 \cdot q_{d1}) + (1,6 \cdot q_{d1}) = (1,2 \cdot 116,31) + (1,6 \cdot 322,5) = 655,57 \text{ kg/m} \\
 q_{u2} &= (1,2 \cdot q_{d2}) + (1,6 \cdot q_{d2}) = (1,2 \cdot 410,34) + (1,6 \cdot 322,5) = 1008,41 \text{ kg/m} \\
 V_{UA} &= (1,2 \cdot V_{DA}) + (1,6 \cdot V_{LA}) = (1,2 \cdot 467,20 \text{ kg}) + (1,6 \cdot 1008,41 \text{ kg}) \\
 &= 2173,14 \text{ kg} \text{ (}\uparrow\text{)} \\
 V_{UC} &= (1,2 \cdot V_{DC}) + (1,6 \cdot V_{LC}) = (1,2 \cdot 877,20 \text{ kg}) + (1,6 \cdot 1007,41 \text{ kg}) \\
 &= 2665,14 \text{ kg} \text{ (}\uparrow\text{)}
 \end{aligned}$$

Batang CB

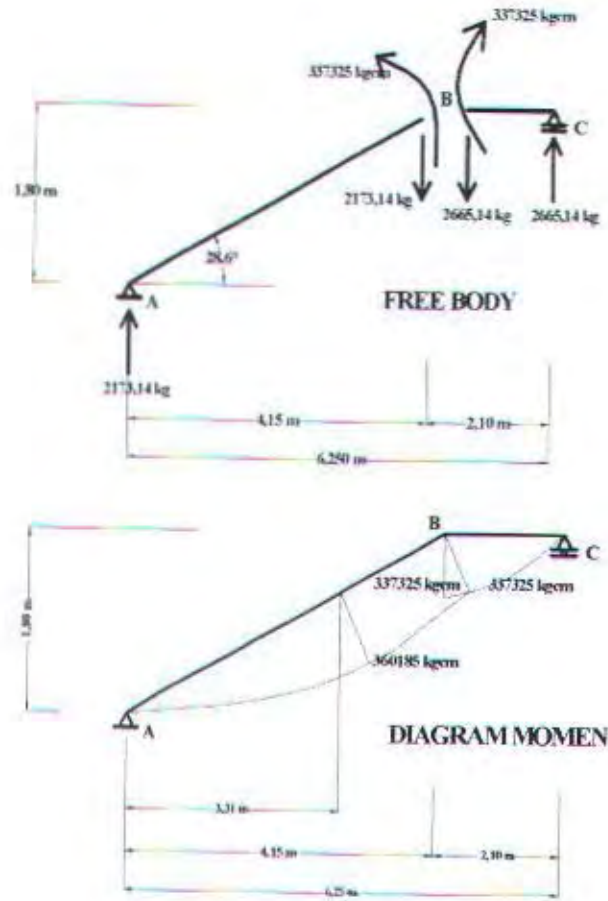
$$\begin{aligned}
 M_{uBC} &= -(V_{UC} \cdot 2,10 \text{ m}) + (0,5 \cdot q_{u2} \cdot 2,10^2) \\
 &= -(2665,14 \text{ kg} \cdot 2,10 \text{ m}) + (1/2 \cdot 1008,41 \cdot 2,10^2) \\
 &= -3373,25 \text{ kg-m} = -3373,25 \text{ kg-cm} \\
 M_{uBA} &= (V_{UA} \cdot 4,15 \text{ m}) - (0,5 \cdot q_{u1} \cdot 4,15^2) \\
 &= (2173,14 \text{ kg} \cdot 4,15 \text{ m}) - (1/2 \cdot 655,57 \cdot 4,15^2) \\
 &= 3373,25 \text{ kg-m} = 337325 \text{ kg-cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol : } M_{uBA} = M_{uBC} = 337325 \text{ kgcm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Batang AB

$$\begin{aligned}
 M_{x1} &= (V_{UA} \cdot x_1) - (1/2 \cdot q_{u1} \cdot x_1^2) \\
 \frac{dM_{x1}}{dx_1} &= 0 \Rightarrow V_{UA} - q_{u1} \cdot x_1 = 0 \\
 x_1 &= \frac{V_{UA}}{q_{u1}} \\
 &= \frac{2173,14}{655,57} = 3,31 \text{ m} < 4,15 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u \max} &= (V_{UA} \cdot x) - (1/2 \cdot q_{u1} \cdot x^2) \\
 &= (2173,14 \text{ kg} \cdot 3,31 \text{ m}) - (1/2 \cdot 655,57 \text{ kg/m} \cdot 3,31^2) \\
 &= 3601,85 \text{ kgm} = 360185 \text{ kg-cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.9 Free body dan bidang M pada portal tangga

Kontrol Penampang (Local Buckling)

- Kontrol sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{12.4}{2 \times 0.8} = 7.75$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p$$

- Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{20.8}{0.5} = 41.6$$

$$\lambda p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.26$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda p$$

Profil Penampang kompak $M_{nx} = M_{px}$

Kontrol Lateral Buckling

➤ Batang Miring (472,67 cm)

$$L_B = \frac{30}{\cos 28,6} = 34,17 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 2.79 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 138.89 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_B < L_p \rightarrow \text{Batang pendek } M_n = M_{px}$$

➤ Batang Horizontal (210 cm)

$$L_B = 0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 2.79 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 138.89 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_B < L_p \rightarrow \text{Batang pendek } M_n = M_{px}$$

$$M_u = 3601,81 \text{ kg.m}$$

$$M_n = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

$$M_y = S_x \cdot f_y = 285 \cdot 2500 = 712500 \text{ kg.cm} = 7125 \text{ kg.m}$$

$$1.5 M_y = 1.5 \cdot 7125 = 10687.5 \text{ kg.m} \geq M_p$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

$$3601,81 \text{ kg.m} \leq 0.9 \cdot 7625$$

$$3601,81 \text{ kg.m} \leq 6862,5 \text{ kg.m}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow \bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{682,67}{360} = 1,896 \text{ cm}$$

➤ Batang Miring (472,67 cm)

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{5.L^2}{48.E.I_x} (M_{\max} - 0.1(M_A + M_B)) \\ &= \frac{5 \times 472,67^2}{48 \times 2.10^6 \times 3540} (3601,81 - 0.1(0 + 3373,25)) = 1,073 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ Batang Horizontal (210 cm)

$$\begin{aligned} y_2 &= \frac{5.L^2}{48.E.I_x} (M_{\max} - 0.1(M_A + M_B)) \\ &= \frac{5 \times 210^2}{48 \times 2.10^6 \times 3540} (3601,81 - 0.1(0 + 3373,25)) = 0,212 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$y_1 + y_2 = 1,073 + 0,212 = 1,285 \text{ cm}$$

$$y_1 + y_2 = 1,285 \text{ cm} \leq f = 1,896 \text{ cm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{208}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$41,6 < 69,57 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

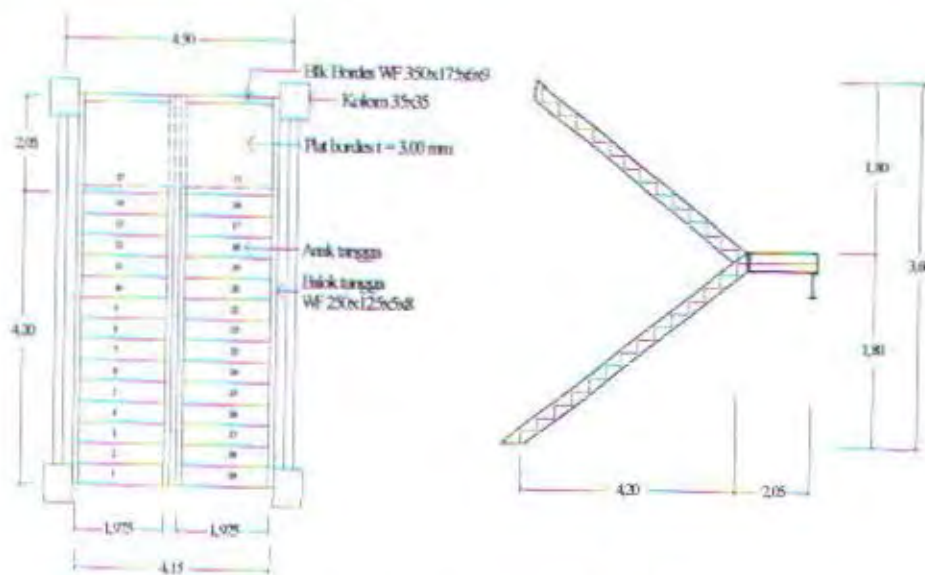
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot \{24,8 \cdot 0,5\} \\ &= 18600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$2173,14 \text{ kg} < 0,9 \cdot 18600 \text{ kg}$$

$$2173,14 \text{ kg} < 16740 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

3.1.4 Perencanaan Balok Bordes



Gambar 3.10 Posisi balok bordes tangga

Direncanakan profil balok bordes tangga dengan WF 350.175.6.9

$A = 52,68 \text{ cm}^2$	$I_x = 11100 \text{ cm}^4$	$S_x = 641 \text{ cm}^3$
$W = 41,4 \text{ kg/m}$	$I_y = 792 \text{ cm}^4$	$S_y = 91 \text{ cm}^3$
$bf = 174 \text{ mm}$	$ix = 14,50 \text{ cm}$	$Z_x = 689 \text{ cm}^3$
$d = 346 \text{ mm}$	$iy = 3,88 \text{ cm}$	$Z_y = 139 \text{ cm}^3$
$rw = 6 \text{ mm}$	$r = 14 \text{ mm}$	$h = 346 - 2(9 + 14)$
$tf = 9 \text{ mm}$		$= 300 \text{ mm}$

Pembebanan Pada Balok Bordes (Balok ABCD):

PEMBEBANAN

- Beban Mati
- berat balok bordes

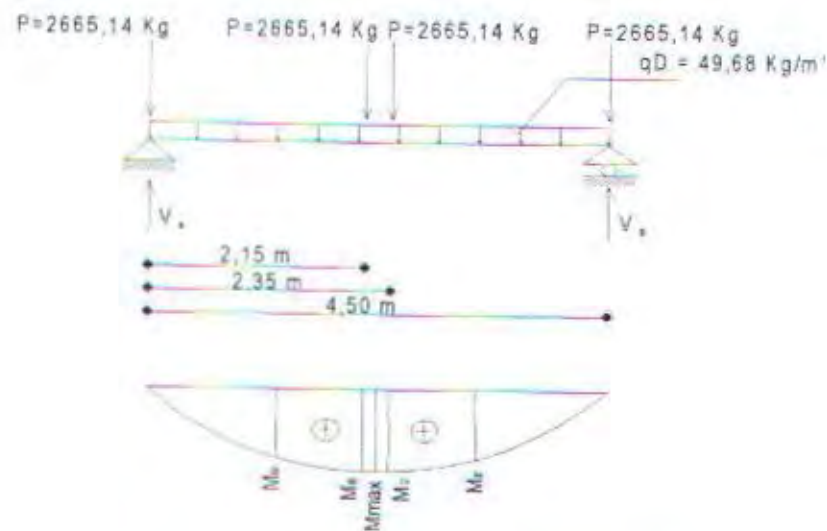
$$= 41,4 \text{ kg/m'}$$

$$q_d = 41,4 \text{ kg/m'}$$

BEBAN ULTIMATE

$$q_u = 1,2 \cdot q_d$$

$$= 1,2 \cdot 41,4 = 49,68 \text{ kg/m'}$$



Gambar 3.11 Gaya-gaya yang terjadi pada balok bordes

Gaya-gaya pada balok bordes :

$$R_A = \frac{2665,14 \cdot (4,50 + 2,35 + 2,15) + (49,68 \cdot 4,50 \cdot 2,25)}{4,50} = 5442,06 \text{ kg} \uparrow$$

$$R_B = \{(4 \cdot 2665,14) + (49,68 \cdot 4,50)\} = 5442,06 \text{ kg} \uparrow$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= 5442,06 \cdot 2,25 - 49,68 \cdot \frac{2,25^2}{2} - 2665,14 \cdot 0,1 - 2665,14 \cdot 2,25 \\ &= 5855,80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B = M_C &= 5442,06 \cdot 2,15 - 49,68 \cdot \frac{2,15^2}{2} - 2665,14 \cdot 2,15 \\ &= 5844,63 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= 5442,06 \cdot 1,125 - 2665,14 \cdot 1,125 - 49,68 \cdot \frac{1,125^2}{2} \\ &= 3092,60 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_E &= 5442,06 \cdot 3,375 - 2665,14 \cdot 3,375 - 49,68 \cdot \frac{3,375^2}{2} - 2665,14 \cdot 1,125 - \\ &\quad 2665,14 \cdot 1,025 \\ &= 3092,60 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin $\rightarrow f = \frac{L}{360} = \frac{450}{240} = 1,875 \text{ cm}$

$$f_t = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_D \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,414 \cdot 450^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 11100} + \frac{1}{48} \cdot \frac{2665,14 \cdot 450^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 11100} = 0,922 \text{ cm} < f, \dots \text{ (Ok)}$$

Kontrol Penampang (Local Buckling)

- Kontrol sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{2 \times 9} = 9,72$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p$$

- Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p$$

Profil Penampang kompak $M_{nx} = M_{px}$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 215 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 3,88 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{2500}} = 193,15 \text{ cm}$$

$$I_w = I_y \cdot \frac{h^2}{2} = 792 \cdot \frac{34,6^2}{2} = 237037,68 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} J &= 1/3 \cdot h \cdot t_b^3 + 2/3 \cdot b \cdot t_s^3 \\ &= 1/3 \cdot 34,6 \cdot 0,6^3 + 2/3 \cdot 17,4 \cdot 0,9^3 \\ &= 13,55 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{641} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^5 \times 13,55 \times 52,68}{2}} = 117119,54 \text{ kg/cm}^2$$

$$X_1 = 4 \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 4 \left(\frac{641}{8 \cdot 10^5 \times 13,55} \right)^2 \frac{237037,68}{792} = 4,19 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} L_R &= I_y \left(\frac{X_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{\left(1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot FL^2} \right)} = 3,88 \left(\frac{117119,54}{2500 - 700} \right) \sqrt{\left(1 + \sqrt{1 + 4,19 \cdot 10^{-6} \cdot 1700^2} \right)} \\ &= 542,68 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_p < L_B < L_R \rightarrow$ bentang menengah

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 \cdot M_{\max}}{2,5 \cdot M_{\max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C} = \frac{12,5 \cdot 5855,80}{2,5 \cdot 5855,80 + 3 \cdot 3092,60 + 4 \cdot 5855,80 + 3 \cdot 3092,60} \\ &= 1,29 \end{aligned}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = 641 \cdot (2500 - 700) = 1153800 \text{ kgcm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 689 \cdot 2500 = 1722500 \text{ kgcm}$$

$$1,5 \cdot M_y = 1,5 \cdot 1602500 = 2403750 \text{ kgcm} > M_p$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] = 1,29 \left[1153800 + (1722500 - 1153800) \frac{542,68 - 215}{542,68 - 193,15} \right] \\ &= 2176164,38 \text{ kgcm} > M_p \end{aligned}$$

$$M_n = M_p = 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{6} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$50 < 69,57 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot 2500 \cdot \{346 \cdot 0,6\} = 31140 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$5442,06 \text{ kg} < 0,9 \cdot 31140 \text{ kg}$$

$$5442,06 \text{ kg} < 28026 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

3.1.5 Disain Sambungan

Sambungan Baut

Sambungan antara tangga dan tumpuan merupakan sambungan geser, oleh karena itu direncanakan dengan menggunakan sambungan baut (asumsi perletakan sendi).

a. Kuat geser

$$V_n = \phi f_r r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{boul}} \cdot m \rightarrow r_1 = 0,5$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)}$$

$$\phi_{\text{boul}} = 12 \text{ mm} (A_{\text{boul}} = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$m = 1 \text{ sisi}$$

$$V_n = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 1,13 \cdot 1$$

$$= 1737,38 \text{ kg (menentukan)}$$

b. Kuat tumpu

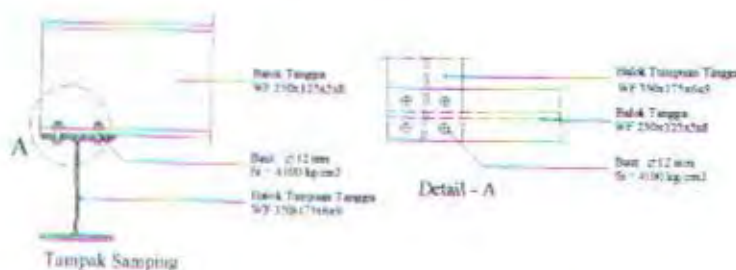
$$V_n = \phi f \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat sayap dipakai } t_p = 8 \text{ mm)}$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 4100$$

$$= 7084,8 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{5442,06}{1737,38} = 3,13 \text{ buah}$$

= dipasang 4 buah baut ϕ 12 mm

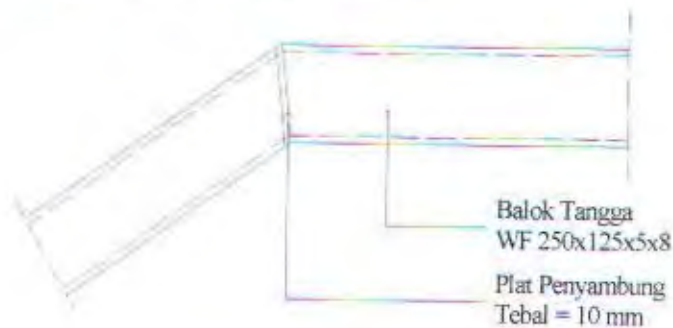


Gambar 3.12 Sambungan Balok Tangga Dengan Balok Tumpuan Tangga

Sambungan Las

Sambungan antara balok – balok tangga direncanakan dengan menggunakan sambungan las, karena dalam perhitungan diatas kekuatan profil sudah memadai, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Mutu las E70XX ($f_u = 70 \text{ ksi} = 4921 \text{ kg/cm}^2$)
- Tebal plat penyambung $t = 10 \text{ mm}$



Gambar 3.13 Sambungan Balok Tangga Dengan Balok Tumpuan Tangga



3.2 Perencanaan Struktur Lantai

Plat Lantai Atap

Dipakai plat Floordeck dengan tebal plat = 0,75 mm, sifat – sifat penampang panel plat Floordeck dapat dilihat pada lampiran tabel.

Pembebanan

1. BEBAN MATI

- Berat plat lantai floordeck	$= 8,08 \text{ kg/m}^2$	$= 8,08 \text{ kg/m}^2$
- Berat plat beton $t = 11 \text{ cm}$	$= 0,11 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 264 \text{ kg/m}^2$
- Finishing :		
- Aspal 2 cm	$= 0,02 \cdot 1400$	$= 28 \text{ kg/m}^2$
- Rangka + plafon	$= (11 + 7)$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
- Ducting AC& pipa	$= 10 \text{ kg/m}^2$	$= 10 \text{ kg/m}^2$
total beban finishing	$= 56 \text{ kg/m}^2$	$= 56 \text{ kg/m}^2$
		$q_d = 328,08 \text{ kg/m}^2$

2. BEBAN HIDUP

Beban hidup $= 100 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban super imposed} &= \text{beban hidup} + \text{finishing} \\
 &= 100 \text{ kg/m}^2 + 56 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 156 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

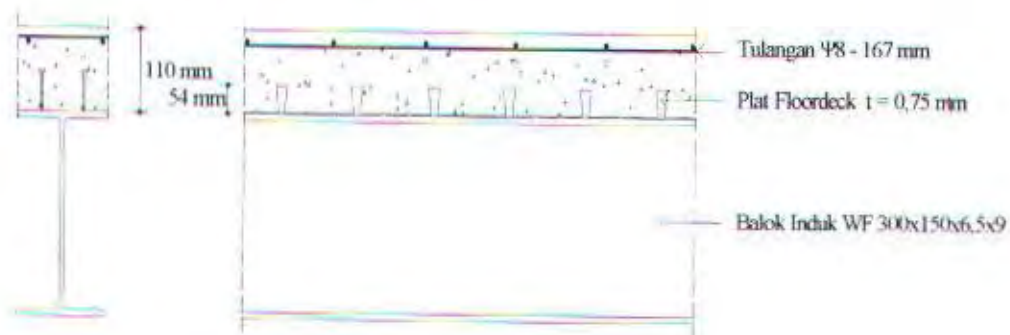
Didapatkan data-data pada tabel sebagai berikut :

- bentang (span) = 3,125 m
- tebal plat beton = 11 cm
- tulangan negatif = $2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$
- direncanakan memakai tulangan $\varnothing 8 \text{ mm}$ ($A_s = 0,5024 \text{ cm}^2$)

$$\text{maka jumlah tulangan negatif per meter : } n = \frac{2,57 \text{ cm}^2}{0,5024 \text{ cm}^2} = 5,12 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{jarak antar tulangan per meter} = 1000 \text{ mm} : 6 = 166,67 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan negatif $\varnothing 8$ -167 mm



Gambar 3.14 Potongan plat atap

3.3 Perencanaan Struktur Lantai

Plat lantai 1 s/d lantai 7

Dipakai plat Floordeck dengan tebal plat = 0,75 mm, sifat – sifat penampang panel plat floordeck dapat dilihat pada lampiran tabel.

Pembebanan

1. BEBAN MATI

- Berat lantai floordeck = $8,08 \text{ kg/m}^2$ = $8,08 \text{ kg/m}^2$
- Berat plat beton $t = 12 \text{ cm}$ = $0,12 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$ = 288 kg/m^2
- Finishing :
 - Tegel 2 cm = $0,02 \cdot 3400$ = 48 kg/m^2
 - Spesi 2 cm = $0,02 \cdot 2100$ = 42 kg/m^2

- Rangka + plafon	$= (11 + 7)$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
- Ducting AC & pipa	$= 10 \text{ kg/m}^2$	$= 10 \text{ kg/m}^2$
total beban finishing		$= 118 \text{ kg/m}^2 = 118 \text{ kg/m}^2$
		$q_d = 415,2 \text{ kg/m}^2$

2. BEBAN HIDUP

Beban hidup $= 250 \text{ kg/m}^2$

Beban super imposed = beban hidup + finishing
 $= 250 \text{ kg/m}^2 + 118 \text{ kg/m}^2$
 $= 368 \text{ kg/m}^2$

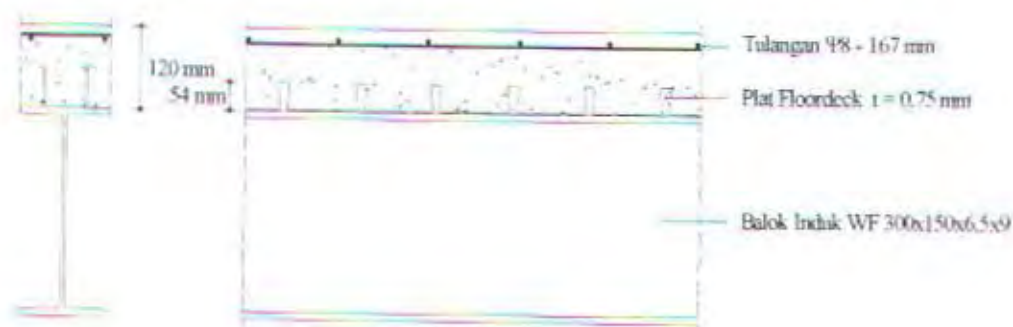
didapatkan data-data pada tabel sebagai berikut :

- bentang (span) $= 3,125 \text{ m}$
- tebal plat beton $= 12 \text{ cm}$
- tulangan negatif $= 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$
- direncanakan memakai tulangan $\varnothing 8 \text{ mm}$ ($A_s = 0.5024 \text{ cm}^2$)

maka jumlah tulangan negatif per meter : $n = \frac{3,00 \text{ cm}^2}{0,5024 \text{ cm}^2} = 5,97 \approx 6 \text{ buah}$

jarak antar tulangan per meter $= 1000 \text{ mm} : 6 = 166,67 \text{ mm}$

Dipasang tulangan negatif $\varnothing 8-167 \text{ mm}$



Gambar 3.15 Potongan plat lantai

3.4 Perencanaan Balok Anak

Balok bertugas agar luasan lantai tidak lebar sehingga masih mempunyai kekakuan yang cukup. Balok anak menumpu di atas dua tumpuan sederhana. Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 150.100.6.9, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A &= 26,84 \text{ cm}^2 & i_x &= 6,17 \text{ cm} & r &= 11 \text{ mm} \\
 W &= 24,1 \text{ kg/m} & t_w &= 6 \text{ cm} & Z_x &= 150 \text{ cm}^3 \\
 d &= 148 \text{ mm} & t_f &= 9 \text{ cm} & Z_y &= 46 \text{ cm}^3 \\
 b &= 100 \text{ mm} & I_x &= 1020 \text{ cm} & S_x &= 138 \text{ cm}^3 \\
 i_y &= 2,37 \text{ mm} & I_y &= 151 \text{ mm} & S_y &= 30,1 \text{ cm}^3 \\
 H &= d - 2(t_f + r) \\
 &= 148 - 2(9 + 11) \\
 &= 108 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

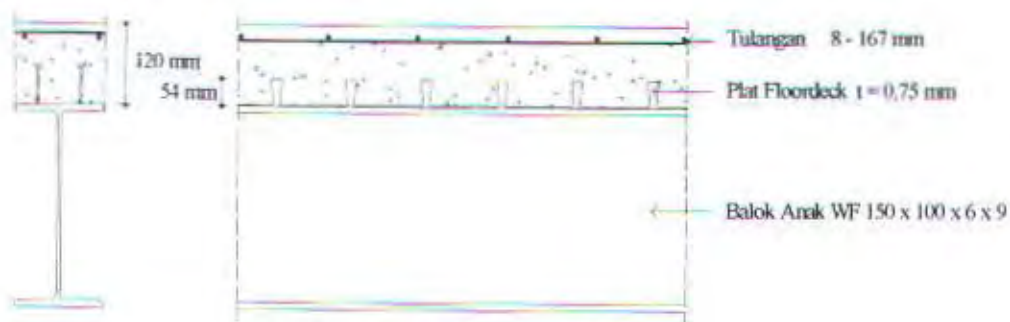
$$\text{BJ -41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok anak (L)} = 4500 \text{ mm} = 4,5 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 4,5 = 1,125 \text{ m}$$



Gambar 3.16 Beban lantai balok anak

Beban Mati

▪ Berat pelat floordeck	: $8,08 \cdot 3,125$	=	25,25 kg/m
▪ Berat sendiri pelat beton	: $0,12 \cdot 2400 \cdot 3,125$	=	900 kg/m
▪ Berat sendiri profil WF		=	24,1 kg/m
▪ Berat spesi	: $0,02 \cdot 2100 \cdot 3,125$	=	131,25 kg/m
▪ Berat tegel	: $0,02 \cdot 2400 \cdot 3,125$	=	150 kg/m
▪ Berat plafon + rangka	: $(10 + 7) \cdot 3,125$	=	53,125 kg/m

▪ Berat ducting AC + pipa : $10 \cdot 3,125$	$=$	$31,25 \text{ kg/m}$
	$=$	$1314,98 \text{ kg/m}$
▪ Berat ikatan 10% : $1314,98$	$=$	$131,50 \text{ kg/m}$
	$=$	$1446,48 \text{ kg/m}$

Beban Hidup : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,125 \text{ m} = 701,25 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban :

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \cdot 1446,48 + 1,6 \cdot 701,25 = 2857,78 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi :

$$M_u = 1/8 q_u L^2$$

$$= 1/8 \cdot 2857,78 \cdot 4,5^2$$

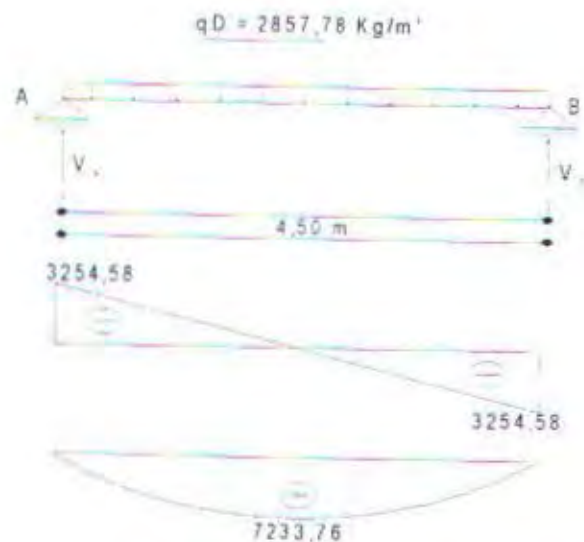
$$= 7233,76 \text{ kg-m} = 723376 \text{ kg-cm}$$

Geser yang terjadi :

$$V_u = 1/2 q_u L$$

$$= 1/2 \cdot 2857,78 \cdot 4,5$$

$$= 3254,58 \text{ kg}$$



Gambar 3.17 Bidang D dan M pada balok anak

Kontrol Penampang Profil

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{100}{2 \cdot 9} = 5,55 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

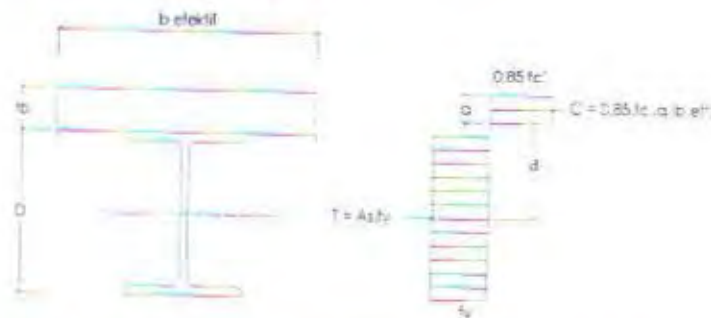
$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{108}{6} = 18 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}}} = \frac{26,84 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 112,5} = 2,81 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 3.18 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas Balok Anak

$$\begin{aligned} C = T &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \cdot 250 \cdot 2,81 \cdot 112,5 \\ &= 67176,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 26,84 \cdot 2500 \cdot \left(\frac{14,8}{2} + 12 - \frac{2,81}{2} \right) \\
 &= 1292346 \text{ kg-cm} \\
 \phi M_n &= 0,85 \cdot 1292346 \\
 &= 1098494,1 \text{ kg-cm} \geq M_u = 723376 \text{ kg-cm} \dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f^*) adalah

$$f^* = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$b_{eff} = 112,5 \text{ cm (balok interior)}$$

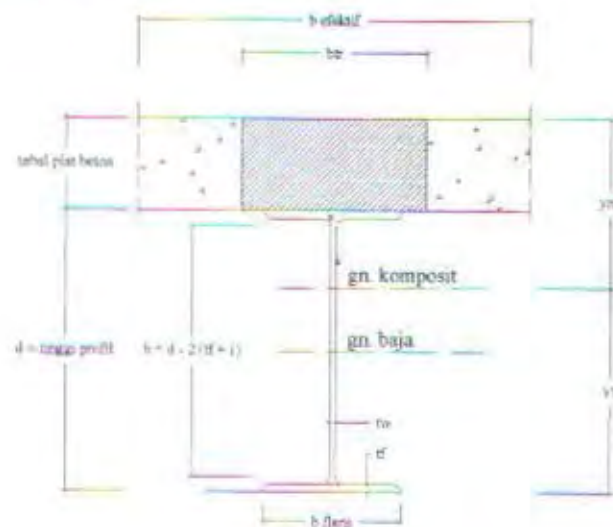
Transformasi beton ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112,5}{8,30} = 13,55 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{plat \text{ beton}} = 162,6 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 3.19 Garis Netral Balok Anak

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left(A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{162,6 \cdot 12}{2} + \left(26,84 \cdot \left(12 + \frac{14,8}{2} \right) \right)}{(162,6 + 26,84)} = 7,90 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{13,55 \cdot (12)^3}{12} + 162,6 \cdot \left(7,90 - \frac{12}{2} \right)^2 + 1020 + 26,84 \cdot \left(\left(\frac{14,8}{2} + 12 \right) - 7,90 \right)^2$$

$$= 7107,78 \text{ cm}^4$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E I_{tr}}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(14,46 + 7,01) \cdot (450)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 7107,78}$$

$$= 0,81 \text{ cm} < \bar{f} = 1,25 \text{ cm} \dots \dots \dots (\text{ok})$$

Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{f_c'} = 2400^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c' E_c}) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{250 \cdot 24102,98}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang floordeck}$$

$$N_r = 1 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 1 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$= \frac{0,85}{\sqrt{1}} \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1,0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n' = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$V_n = C = 67176,56 \text{ kg}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{67176,56}{6858,23} = 9,59 \approx 10 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok anak ($L = 450 \text{ cm}$) adalah 20 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $450 \text{ cm} : 20 \text{ bh} = 22,5 \text{ cm} \dots\dots(\text{OK})$

$$\rightarrow \text{Syarat min} = 6.d = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$$

▪ Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{108}{6} < 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$18 < 69,57 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,6 \cdot 13) \\ &= 11700 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$3254,58 \text{ kg} < 0,9 \cdot 11700 \text{ kg}$$

$$3254,58 \text{ kg} < 10530 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

3.5 Perencanaan Balok Anak Terbebani Tembok

Balok bertugas agar luasan lantai tidak lebar sehingga masih mempunyai kekakuan yang cukup. Balok anak menumpu di atas dua tumpuan sederhana. Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 150.100.6.9, dengan data sebagai berikut:

A	$= 26,84 \text{ cm}^2$	I_x	$= 6,17 \text{ cm}$	r	$= 11 \text{ mm}$
W	$= 24,1 \text{ kg/m}$	t_w	$= 6 \text{ cm}$	Z_x	$= 150 \text{ cm}^3$
d	$= 148 \text{ mm}$	t_f	$= 9 \text{ cm}$	Z_y	$= 46 \text{ cm}^3$
b	$= 100 \text{ mm}$	I_x	$= 1020 \text{ cm}$	S_x	$= 138 \text{ cm}^3$
t_y	$= 2,37 \text{ mm}$	I_y	$= 151 \text{ mm}$	S_y	$= 30,1 \text{ cm}^3$

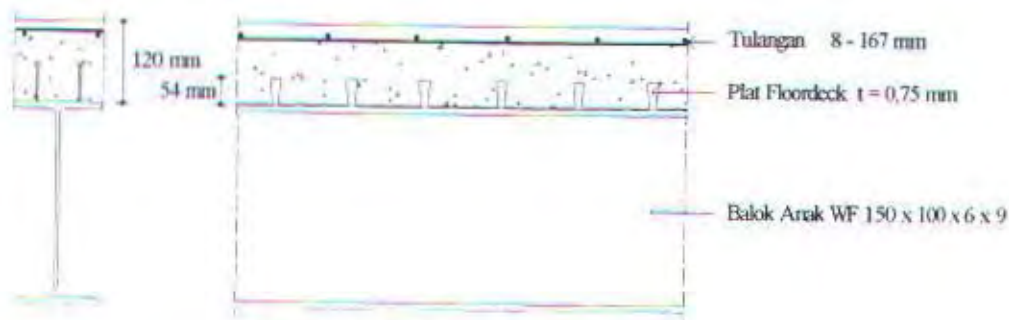
$$\begin{aligned}
 H &= d - 2 (t_f + r) \\
 &= 148 - 2 (9 + 11) \\
 &= 108 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ -41 : } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Beton : } f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok anak (L)} = 4500 \text{ mm} = 4,5 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 4,5 = 1,125 \text{ m}$$



Gambar 3.20 Beban lantai balok anak

Beban Mati

▪ Berat pelat floordeck	: $8,08 \cdot 3,125$	=	25,25 kg/m
▪ Berat sendiri pelat beton	: $0,12 \cdot 2400 \cdot 3,125$	=	900 kg/m
▪ Berat sendiri profil WF		=	24,1 kg/m
▪ Berat spesi	: $0,02 \cdot 2100 \cdot 3,125$	=	131,25 kg/m
▪ Berat tegel	: $0,02 \cdot 2400 \cdot 3,125$	=	150 kg/m
▪ Berat plafon + rangka	: $(10 + 7) \cdot 3,125$	=	53,125 kg/m
▪ Berat ducting AC + pipa	: $10 \cdot 3,125$	=	31,25 kg/m
▪ Berat tembok	: $250 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,6$	=	900 kg/m
		=	2214,98 kg/m
▪ Berat ikatan 10%	: $2214,98$	=	221,50 kg/m
		q_d =	2436,48 kg/m

$$\text{Beban Hidup : } q_l = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,125 \text{ m} = 701,25 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

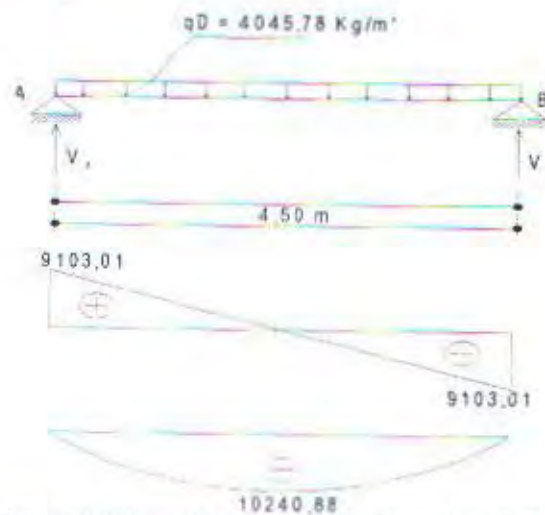
$$= 1,2 \cdot 2436,48 + 1,6 \cdot 701,25 = 4045,78 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_u &= 1/8 q_u L^2 \\ &= 1/8 \cdot 4045,78 \cdot 4,5^2 \\ &= 10240,88 \text{ kg-m} = 1024088 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

Geser yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_u &= 1/2 q_u L \\ &= 1/2 \cdot 4045,78 \cdot 4,5 \\ &= 9103,01 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 3.21 Bidang D dan M pada balok anak terbebani tembok

Kontrol Penampang Profil

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{100}{2 \cdot 9} = 5,55 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

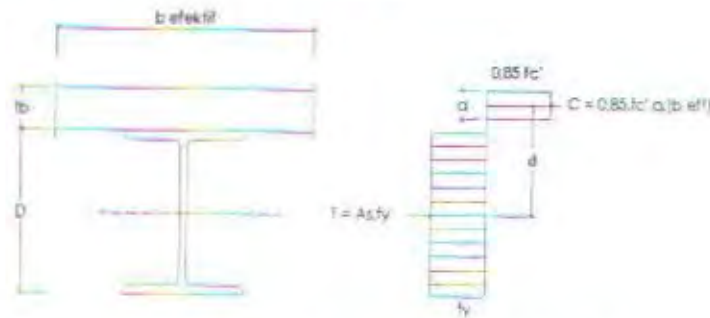
$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{108}{6} = 18 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{26,84 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 112,5} = 2,81 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 3.22 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$\begin{aligned} C = T &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff} \\ &= 0,85 \cdot 250 \cdot 2,81 \cdot 112,5 \\ &= 67176,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\ &= 26,84 \cdot 2500 \cdot \left(\frac{14,8}{2} + 12 - \frac{2,81}{2} \right) \\ &= 1292346 \text{ kg-cm} \\ \phi M_n &= 0,85 \cdot 1292346 \\ &= 1098494,1 \text{ kg-cm} \geq M_u = 1024088 \text{ kg-cm} \dots \text{Ok} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f^*) adalah

$$f^* = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$b_{eff} = 112,5 \text{ cm (balok interior)}$$

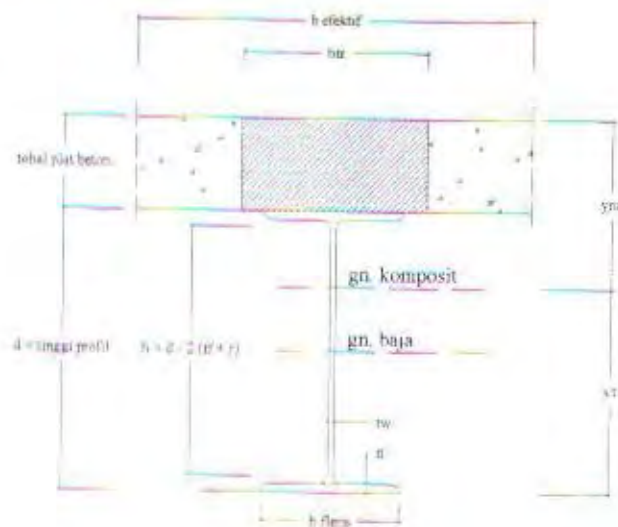
Transformasi beton ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112,5}{8,30} = 13,55 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}} = 162,6 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 3.23 Garis Netral Balok Komposit

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left(A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{162,6 \cdot 12}{2} + \left(26,84 \cdot \left(12 + \frac{14,8}{2} \right) \right)}{(162,6 + 26,84)} = 7,90 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{13,55 \cdot (12)^3}{12} + 162,6 \cdot \left(7,90 - \frac{12}{2}\right)^2 + 1020 + 26,84 \cdot \left(\left(\frac{14,8}{2} + 12\right) - 7,90\right)^2$$

$$= 7107,78 \text{ cm}^4$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(24,36 + 7,01) \cdot (450)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 7107,78}$$

$$= 1,18 \text{ cm} < \bar{f} = 1,25 \text{ cm} \dots \dots \dots (\text{ok})$$

Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{f'_c} = 2400^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \left(\sqrt{f'_c} \cdot E_c \right) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{250 \cdot 241029,8}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang floordeck}$$

$$N_r = 1 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 1 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$= \frac{0,85}{\sqrt{1}} \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1,0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$\begin{aligned}
 Q_n' &= Q_n r_s \\
 &= 6858,23 \cdot 1 \\
 &= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$V_n = C = 67176,56 \text{ kg}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{67176,56}{6858,23} = 9,59 \approx 10 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok anak ($L = 450 \text{ cm}$) adalah 20 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $450 \text{ cm} / 20 \text{ bh} = 22,5 \text{ cm} \dots\dots(\text{OK})$

→ Syarat min = $6.d - 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$

▪ Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\begin{aligned}
 \frac{108}{6} &< 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}} \\
 18 &< 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y A_w \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,6 \cdot 13) \\
 &= 11700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

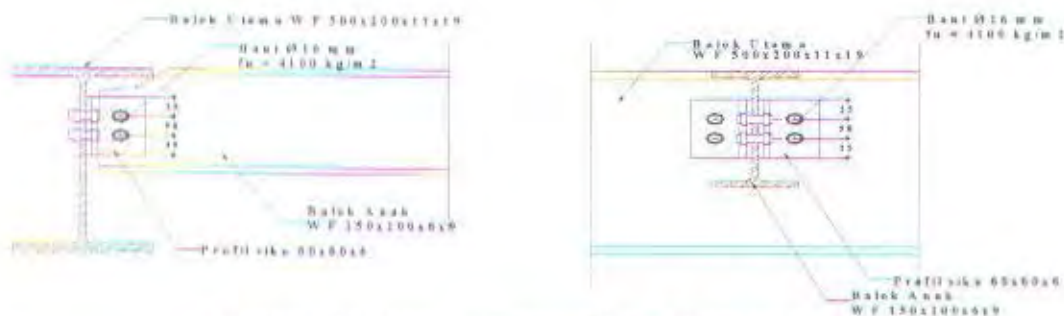
$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_n \\
 9103,01 \text{ kg} &< 0,9 \cdot 11700 \text{ kg} \\
 9103,01 \text{ kg} &< 10530 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

3.6 Perencanaan Sambungan Balok Anak dan Balok Induk

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan dengan baut yang tidak dapat memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi.

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 \cdot 1446,48 + 1,6 \cdot 701,25 \\ &= 2857,78 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= R_A \text{ balok anak} \\ &= q_u \cdot l/2 \\ &= 2857,78 \cdot 4,5/2 \\ &= 6430,01 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 3.24 Detail sambungan balok anak dan balok induk

1. Sambungan pelat siku dengan balok anak

Direncanakan : Profil siku — 60.60.6

Baut diameter 16 mm BJ-41

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser} \quad \phi R_{nv} &= \phi 0,5 m f_u A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 4100 \cdot (1/4 \pi 1,6^2) \\ &= 6179,52 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu} \quad \phi R_{nt} &= \phi 2,4 d_b 2 t_p f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari dipilih kekuatan baut berdasarkan **Kuat Geser**, $\phi R_{nv} = 6179,52 \text{ kg}$.

$$\text{Jumlah baut (untuk 1 sisi)} : n = \frac{6430,01}{6179,52} = 1,04 \approx 2 \text{ baut}$$

2. Sambungan pelat siku dengan balok induk

Direncanakan : Profil siku $\angle 60.60.6$
 Baut diameter 16 mm BJ-41

$$\begin{aligned}\text{Kuat Geser : } \phi R_{nv} &= \phi 0,5 m f_u A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 4100 \cdot (1/4 \pi 1,6^2) \\ &= 3089,76 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tumpu : } \phi R_{nt} &= \phi 2,4 d_b 2 t_p f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari dipilih kekuatan baut berdasarkan **Kuat Geser**, $\phi R_{nt} = 3089,76 \text{ kg}$.

$$\text{Jumlah baut (untuk 2 sisi) : } n = \frac{6430,01}{3089,76} = 2,08 \approx 4 \text{ baut}$$

3. Kontrol pelat siku pada gelagar

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang geser, } A_{nv} &= (L - n \cdot d_1) \cdot t_p \quad d_1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} \\ &= (10 - (2 \cdot 1,75)) \cdot 0,6 \\ &= 3,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat Rencana : } \phi R_{nv} &= \phi 0,6 f_u A_n \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4100 \cdot 3,9 \\ &= 7195,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Terdapat dua siku } 2\phi R_{nv} &= 2 \cdot 7195,5 \\ &= 14391 \text{ kg} \\ 2\phi R_{nv} &> P_u = 6430,01 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})\end{aligned}$$



Gambar 3.25 Detail plat siku penyambung

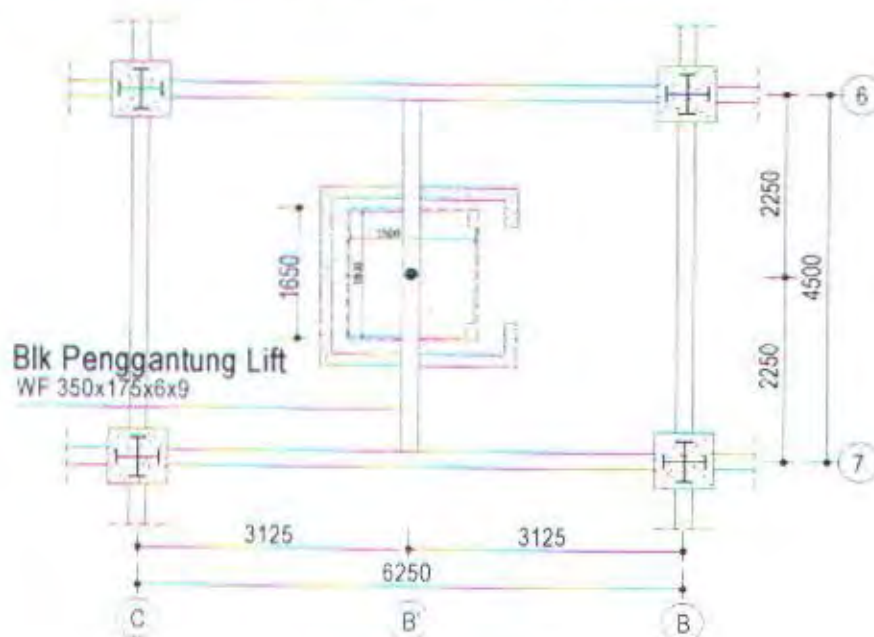
3.7 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh PT. Jaya Kencana dengan data – data sebagai berikut :

- Tipe Lift : Simplex
- Merk : Goldstar
- Kapasitas : 15 orang (1000 kg)
- Kecepatan : 60 m/menit
- Lebar pintu (opening width) : 900 mm
- Dimensi sangkar (car size)
 - Outside : $1650 \times 1682 \text{ mm}^2$
 - Inside : $1600 \times 1500 \text{ mm}^2$
- Dimensi ruang luncur (Hoistway)
 - Simplex : $2050 \times 2150 \text{ mm}^2$
- Dimensi ruang mesin (Simplex) : $2350 \times 3850 \text{ mm}^2$
- Beban reaksi ruang mesin

$R_1 = 5450 \text{ kg}$ (berat mesin penggerak lift + beban kereta + perlengkapan)

$R_2 = 4300 \text{ kg}$ (berat bandul pemberat + perlengkapan)



Gambar 3.26 Denah lift

3.7.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift

A. Beban yang bekerja pada balok penumpang

adalah akibat dari mesin penggerak lift, berat kereta luncur + perlengkapan = $R_1 = 5450$ kg juga akibat bandul pemberat + perlengkapan = $R_2 = 4300$ kg.

B. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pada pasal 3.3.(3), halaman 16 PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang mengalami struktur terdiri dari berat sendiri keran ditambah dengan berat muatan yang diangkatnya. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dan kemudian dikalikan dengan suatu koefisien yang ditentukan menurut rumus sbb :

$$\psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot V) \geq 1,15$$

Dimana :

ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1.15

V =kecepatan angkat maksimum dalam m/dt pada pengangkatan muatan maksimum dalam keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/dt

K_1 =koefisien yang tergantung pada kekuatan struktur keran induk, untuk keran induk dengan struktur rangka pada umumnya diambil sebesar 0,6

K_2 =koefisien yang tergantung pada sifat – sifat mesin angkat dari keran angkatnya dan dapat diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P = R_1 \cdot \psi = (5450 + 4300) \cdot 1,78 = 17355 \text{ kg}$$

C. Data – data perencanaan

Digunakan profil WF 350.175.6.9

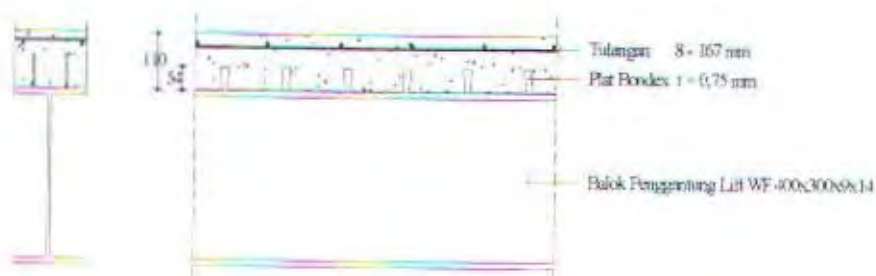
A	$= 63,14 \text{ cm}^2$	i_x	$= 14,50 \text{ cm}$	r	$= 14 \text{ mm}$
W	$= 49,6 \text{ kg/m}$	t_w	$= 6 \text{ cm}$	Z_x	$= 689 \text{ cm}^3$
d	$= 346 \text{ mm}$	t_f	$= 9 \text{ cm}$	Z_y	$= 139 \text{ cm}^3$
b	$= 174 \text{ mm}$	I_x	$= 11100 \text{ cm}^4$	S_x	$= 641 \text{ cm}^3$
i_y	$= 3,88 \text{ mm}$	I_y	$= 792 \text{ mm}^4$	S_y	$= 91 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 H &= d - 2 (t_f + r) \\
 &= 346 - 2 (9 + 14) \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ 41} &: f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &: f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Beton} : f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2 ; \text{ Tebal plat beton} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Beff} = 1/4 \cdot 4,50 = 1,125 \text{ m} = 112,5 \text{ cm}$$



Gambar 3.27 Beban lantai balok penggantung lift

Pembebanan :

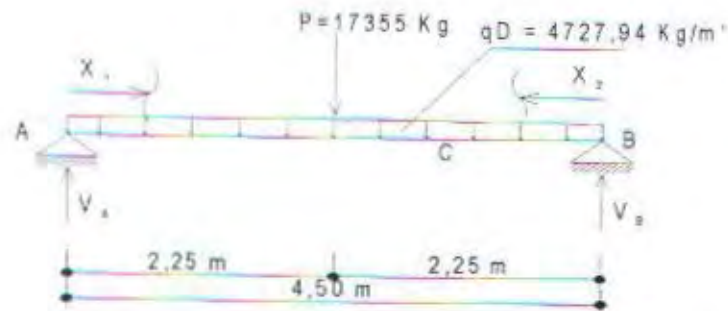
Beban Mati

▪ Berat pelat floordeck	: $8,08 \cdot 4,50$	=	36,36	kg/m
▪ Berat sendiri pelat	: $0,11 \cdot 2400 \cdot 4,50$	=	1188	kg/m
▪ Berat sendiri profil WF		=	49,6	kg/m
▪ Berat plafon + rangka	: $(11+7) \cdot 4,50$	=	81	kg/m
▪ Berat ducting AC + pipa	: $(10 \text{ kg/m}^2) \cdot 4,50$	=	45	kg/m
		=	1399,96	kg/m
▪ Berat ikatan 10%	: 1399,96	=	139,99	kg/m
		q_d =	1539,95	kg/m

$$\text{Beban Hidup} : q_l = 400 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,50 \text{ m} = 1800 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned}
 q &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 1539,95 + 1,6 \cdot 1800 = 4727,94 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.28 Sketsa mekanika perhitungan balok penggantung lift

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \cdot 4,5 - 4727,94 \cdot 4,5 \cdot 2,25 - 17355 \cdot 2,25 = 0$$

$$V_A = 19315,37 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$V_B = 19315,37 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$Dx_1 = + 19315,37 - q \cdot x_1$$

$$x_1 = 0 \rightarrow D_A = 19315,37 \text{ kg}$$

$$x_1 = 2,25 \rightarrow D_C = 8677,51 \text{ kg}$$

$$M_{x_1} = + 19315,37 x_1 - q \cdot x_1 \cdot 1/2 \cdot x_1$$

$$x_1 = 0 \rightarrow M_A = 0$$

$$x_1 = 2,25 \rightarrow M_A = 31491,98 \text{ kg.m}$$

$$Dx_2 = - 19315,37 - q \cdot x_2$$

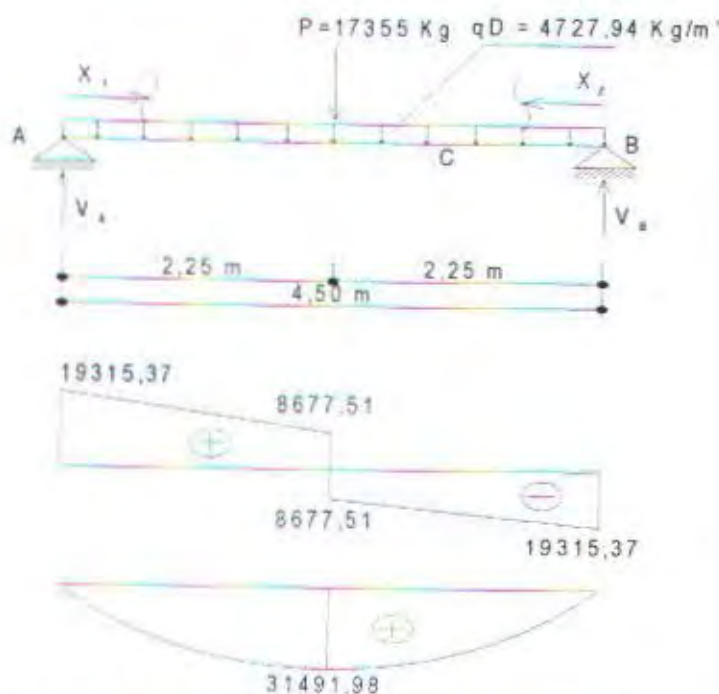
$$x_2 = 0 \rightarrow D_B = - 19315,37 \text{ kg}$$

$$x_2 = 2,25 \rightarrow D_C = - 8677,51 \text{ kg}$$

$$M_{x_2} = + 19315,37 x_2 - q \cdot x_2 \cdot 1/2 \cdot x_2$$

$$x_2 = 0 \rightarrow M_B = 0$$

$$x_2 = 2,25 \rightarrow M_B = 31491,98 \text{ kg.m}$$



Gambar 3.29 Bidang D dan M pada balok penggantung lift

▪ **Kontrol Penampang Profil**

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{174}{2 \cdot 9} = 9,67 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots\dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

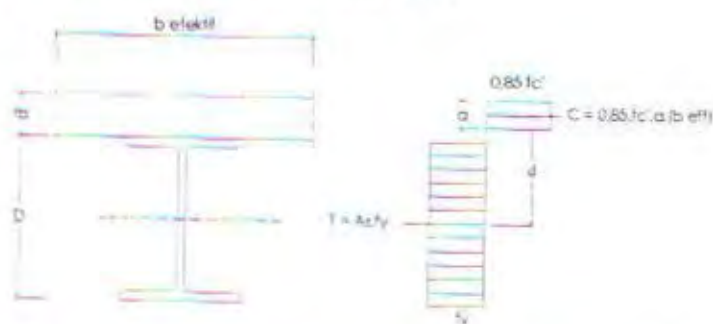
$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{300}{6} = 50 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots\dots \text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}}} = \frac{63,14 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 112,5} = 6,60 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 3.30 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$\begin{aligned} C = T &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}} \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 250 \cdot 112,5 \cdot 6,60 \\ &= 157781,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 63,14 \cdot 2500 \cdot \left(\frac{34,6}{2} + 12 - \frac{6,60}{2} \right) \\
 &= 4104100 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\
 &= 41041 \text{ kg} \cdot \text{m} \\
 \phi M_n &= 0,85 \cdot 41041 \\
 &= 34884,85 \text{ kg} \cdot \text{m} \geq M_u = 31491,98 \text{ kg} \cdot \text{cm} \dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (Γ) adalah

$$\Gamma = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$b_{eff} = 112,5 \text{ cm (balok interior)}$$

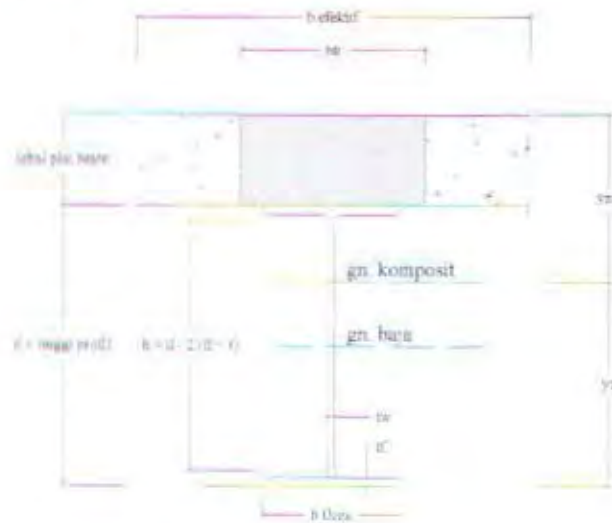
Transformasi beton ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112,5}{8,30} = 13,55 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{plat \text{ beton}} = 149,05 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 3.31 Garis Netral Balok Penggantung Lift

$$Y_{na} = \frac{A_{tr} \cdot \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} + A_s \cdot \left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{149,05 \cdot 11}{2} + \left(63,14 \cdot \left(11 + \frac{34,6}{2} \right) \right)}{(149,05 + 63,14)} = 12,28 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{13,55 \cdot (11)^3}{12} + 149,05 \cdot \left(12,28 - \frac{11}{2} \right)^2 + 11100 + 63,14 \cdot \left(\left(\frac{34,6}{2} + 11 \right) - 12,28 \right)^2$$

$$= 35658,78 \text{ cm}^4$$

$$f_{y0} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_{tr}} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_{tr}}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(15,40 + 18) \cdot (450)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 35658,78} + \frac{1}{48} \cdot \frac{17355 \cdot (450)^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 35658,78}$$

$$= 0,25 + 0,46 = 0,71 \text{ cm} < \bar{f} = 1,25 \text{ cm} \dots \dots \dots (\text{ok})$$

Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1.5} 0,041 \sqrt{f_c'} = 2400^{1.5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} E_c) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{250 \cdot 24102,98}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang floordeck}$$

$$N_r = 2 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 2 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$= \frac{0,85}{\sqrt{2}} \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1,0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n^* = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$V_n = C = 157781,25 \text{ kg}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{157781,25}{6858,23} = 23,01 \approx 24 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok anak ($L = 450 \text{ cm}$) adalah 48 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $450 \text{ cm} : 48 \text{ bh} = 9,38 \text{ cm} \dots\dots\dots(\text{OK})$

$$\rightarrow \text{Syarat min} = 6.d = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$$

▪ Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{300}{6} < 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$50 < 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

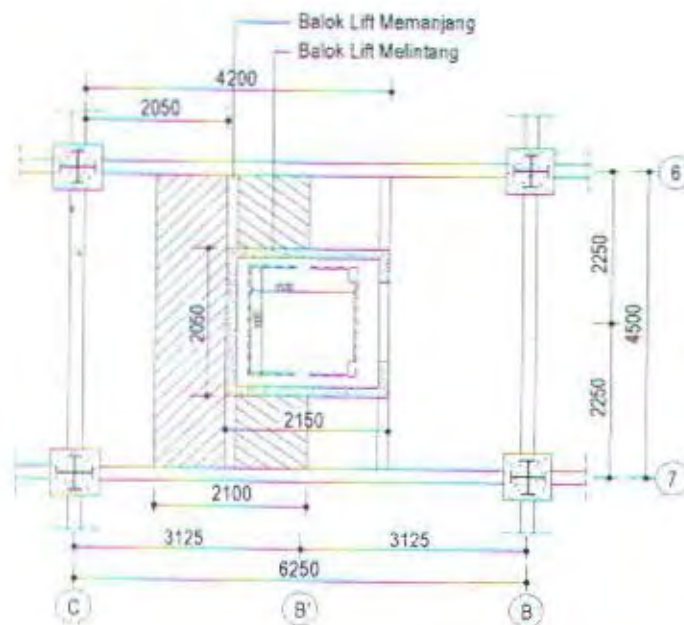
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,6 \cdot 30) \\ &= 27000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$8677,51 \text{ kg} < 0,9 \cdot 27000 \text{ kg}$$

$$8677,51 \text{ kg} < 33912 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{ok})$$



Gambar 3.32 Denah balok Lift

3.7.2 Balok Lift Melintang

Data – data perencanaan

Digunakan profil WF 100.50.5.7

A	$= 11,85 \text{ cm}^2$	i_x	$= 3,98 \text{ cm}$	r	$= 8 \text{ mm}$
W	$= 9,3 \text{ kg/m}$	t_w	$= 5 \text{ cm}$	Z_x	$= 42 \text{ cm}^3$
d	$= 100 \text{ mm}$	t_f	$= 7 \text{ cm}$	Z_y	$= 9 \text{ cm}^3$
b	$= 50 \text{ mm}$	l_x	$= 187 \text{ cm}$	S_x	$= 37,3 \text{ cm}^3$
i_y	$= 1,12 \text{ mm}$	l_y	$= 14,8 \text{ mm}$	S_y	$= 5,91 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 H &= d - 2(t_f + r) \\
 &= 100 - 2(7 + 8) \\
 &= 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ 41} &: f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &: f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Beton} : f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2 ; \text{Tebal plat beton} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Beff} = 1/4 \cdot 2,15 = 0,5375 \text{ m} = 53,75 \text{ cm}$$



Pembebanan :

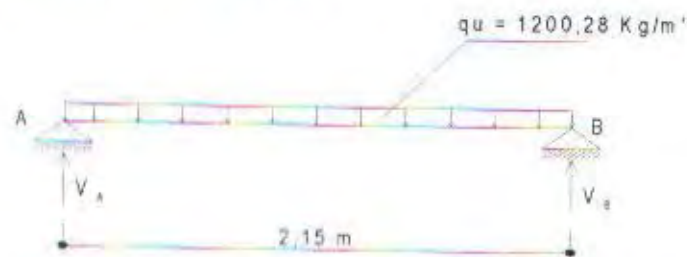
Beban Mati

▪ Berat sendiri profil WF	=	9,3	kg/m
▪ Berat Tembok : 3,6 . 250	=	900	kg/m
	=	909,3	kg/m
▪ Berat ikatan 10% . 909,3	=	90,93	kg/m
q_d	=	1000,23	kg/m

Kombinasi Beban :

$$q = 1,2 q_D$$

$$= 1,2 \cdot 1000,23 = 1200,28 \text{ kg/m}$$



Gambar 3.33 Sketsa mekanika perhitungan balok lift Melintang

Momen Yang Terjadi :

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= 1/8 \cdot 1200,28 \cdot 2,15^2$$

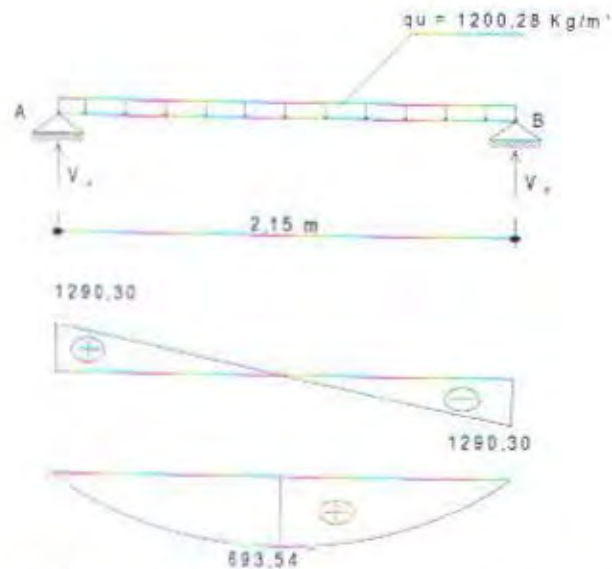
$$= 693,54 \text{ kgm}$$

Geser Yang Terjadi :

$$V_u = 1/2 \cdot q_u \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 1200,28 \cdot 2,15$$

$$= 1290,30 \text{ kg}$$



Gambar 3.34 Bidang D dan M pada balok lift melintang

▪ Kontrol Penampang Profil

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{50}{2 \cdot 7} = 3,57 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

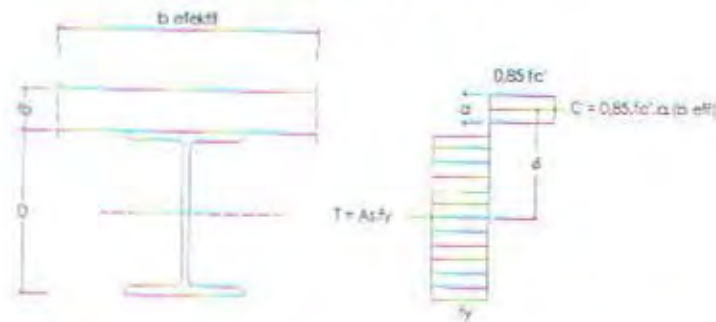
$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{70}{5} = 14 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{11,85 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 53,75} = 2,59 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 3.35 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$\begin{aligned}
 C = T &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}} \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 250 \cdot 53,75 \cdot 2,59 \\
 &= 29582,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot f_y \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 11,85 \cdot 2500 \left(\frac{10}{2} + 12 - \frac{2,59}{2} \right) \\
 &= 465260,63 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\
 &= 4652,61 \text{ kg} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,85 \cdot 4652,61 \\
 &= 3954,72 \text{ kg} \cdot \text{m} \geq M_u = 693,94 \text{ kg} \cdot \text{m} \dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f') adalah

$$f' = \frac{L}{360} = \frac{215}{360} = 0,60 \text{ cm}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$b_{\text{eff}} = 53,75 \text{ cm (balok interior)}$$

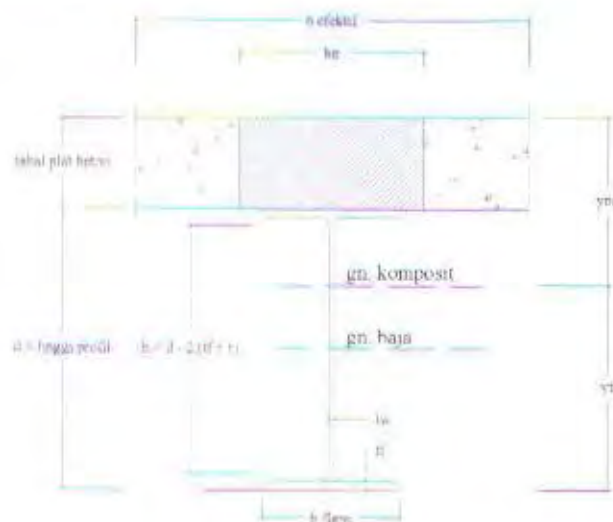
Transformasi beton ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{ef}}{n} = \frac{53,75}{8,30} = 6,48 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}} = 77,76 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 3.36 Garis Netral Balok Lift Melintang

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left[A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right]}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{77,76 \cdot 12}{2} + \left(11,85 \cdot \left(12 + \frac{10}{2} \right) \right)}{(77,76 + 11,85)} = 7,45 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{6,48 \cdot (12)^3}{12} + 77,76 \cdot \left(7,45 - \frac{12}{2} \right)^2 + 187 + 11,85 \cdot \left(\left(\frac{10}{2} + 12 \right) - 7,45 \right)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 2364,36 \text{ cm}^4 \\
 f_{y0} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_r} \\
 &= \frac{5}{384} \cdot \frac{(12,00) \cdot (215)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 2364,36} \\
 &= 0,07 \text{ cm} < \bar{f} = 0,60 \text{ cm} \dots \dots \dots (\text{ok})
 \end{aligned}$$

Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{f_c'} = 2400^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} E_c) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{250 \cdot 241029,8}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *combideck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang } \textit{floordeck}$$

$$N_r = 1 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 1 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = 0,6 \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$= 0,6 \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1,0 \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n^* = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$V_n = C = 29582,66 \text{ kg}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{29582,66}{6858,23} = 4,31 \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok anak ($L = 215 \text{ cm}$) adalah 10 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $215 \text{ cm} / 10 \text{ bh} = 21,5 \text{ cm} \dots\dots\dots(\text{OK})$

$$\rightarrow \text{Syarat min} = 6 \cdot d = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$$

▪ Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{70}{5} < 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$14 < 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,5 \cdot 7) \\ &= 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$1290,30 \text{ kg} < 0,9 \cdot 5250 \text{ kg}$$

$$1290,30 \text{ kg} < 4725 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

3.7.3 Balok Lift Memanjang

Data – data perencanaan

Digunakan profil WF 250.125.5.8

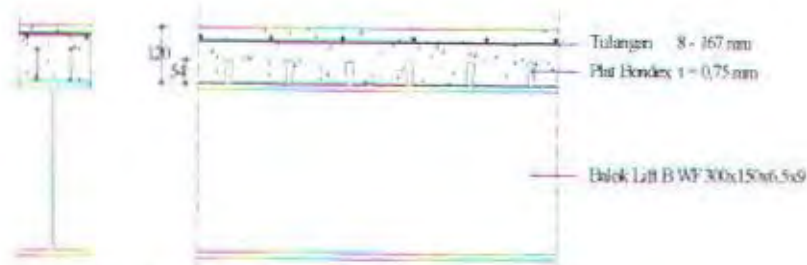
A	$= 32,68 \text{ cm}^2$	$ix = 10,4 \text{ cm}$	$r = 12 \text{ mm}$
W	$= 25,7 \text{ kg/m}$	$tw = 5 \text{ cm}$	$Zx = 305 \text{ cm}^3$
d	$= 248 \text{ mm}$	$tf = 8 \text{ cm}$	$Zy = 63 \text{ cm}^3$
b	$= 124 \text{ mm}$	$Ix = 3540 \text{ cm}^4$	$Sx = 285 \text{ cm}^3$
iy	$= 2,79 \text{ mm}$	$Iy = 255 \text{ mm}^4$	$Sy = 41,1 \text{ cm}^3$
H	$= d - 2 (tf + r)$		
	$= 248 - 2 (8 + 12)$		
	$= 208 \text{ mm}$		

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

: $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton : $f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2$; Tebal plat beton = 12 cm

$B_{eff} = 1/4 \cdot 4,5 = 1,125 \text{ m} = 112,5 \text{ cm}$



Gambar 3.37 Beban lantai balok lift memanjang

Pembebanan :

Beban Mati 1:

- Berat pelat floordeck : $8,08 \cdot 1,025 = 8,28 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri pelat : $0,12 \cdot 2400 \cdot 1,025 = 295,2 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri profil WF : $= 25,7 \text{ kg/m}$

▪ Berat plafon + rangka	: $(11+7) \cdot 1,025$	=	18,45	kg/m
▪ Berat ducting AC + pipa,	: $(10 \text{ kg/m}^2) \cdot 1,025$	=	10,25	kg/m
▪ Berat Spesi	: $0,02 \cdot 2100 \cdot 1,025$	=	43,05	kg/m
▪ Berat Tegel	: $0,02 \cdot 2400 \cdot 1,025$	=	49,2	kg/m
▪ Berat Tembok	: $3,6 \cdot 250$	=	900	kg/m
			<hr/>	
			=	1350,13 kg/m
▪ Berat ikatan 10% . 1350,13		=	135,01	kg/m
			<hr/>	
			q_{dl} =	1485,14 kg/m

Beban Hidup : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,025 \text{ m} = 256,25 \text{ kg/m}$

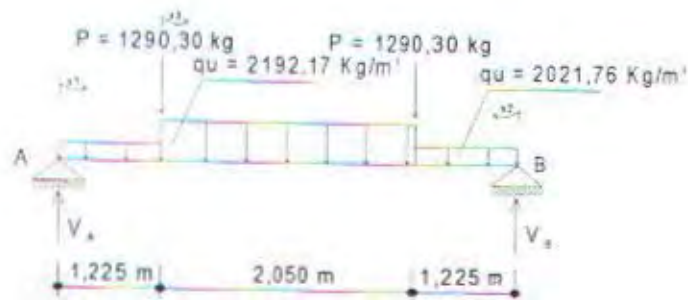
Beban Mati 2:

▪ Berat pelat floordeck	: $8,08 \cdot 2,1$	=	16,97	kg/m
▪ Berat sendiri pelat	: $0,12 \cdot 2400 \cdot 2,1$	=	604,8	kg/m
▪ Berat sendiri profil WF		=	25,7	kg/m
▪ Berat plafon + rangka	: $(11+7) \cdot 2,1$	=	37,8	kg/m
▪ Berat ducting AC + pipa,	: $(10 \text{ kg/m}^2) \cdot 2,1$	=	21	kg/m
▪ Berat Spesi	: $0,02 \cdot 2100 \cdot 2,1$	=	88,2	kg/m
▪ Berat Tegel	: $0,02 \cdot 2400 \cdot 2,15$	=	100,8	kg/m
			<hr/>	
			=	899,17 kg/m
▪ Berat ikatan 10% . 899,17		=	89,92	kg/m
			<hr/>	
			q_{dl} =	989,09 kg/m

Beban Hidup : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,1 \text{ m} = 525 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned}
 qu1 &= 1,2 q_{dl} + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 1485,14 + 1,6 \cdot 256,25 = 2192,17 \text{ kg/m} \\
 qu2 &= 1,2 q_{dl} + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 984,8 + 1,6 \cdot 525 = 2021,76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.38 Sketsa mekanika perhitungan balok lift memanjang

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 4,5 - 1290,30 \cdot 3,275 - 1290,30 \cdot 1,225 - 2021,76 \cdot 1,225 \cdot 3,8875 - 2192,17 \cdot 2,050 \cdot 2,25 - 2021,76 \cdot 1,225 \cdot 0,6125 = 0$$

$$V_A = 6013,93 \text{ kg (}\uparrow\text{)}$$

$$V_B = 6013,93 \text{ kg (}\uparrow\text{)}$$

$$Dx_1 = + 6013,93 - q \cdot x_1$$

$$x_1 = 0 \quad \rightarrow D_A = 6013,93 \text{ kg}$$

$$x_1 = 1,225 \quad \rightarrow D_C = 3527,27 \text{ kg}$$

$$Dx_2 = - 6013,93 - q \cdot x_2$$

$$x_2 = 0 \quad \rightarrow D_B = - 6013,93 \text{ kg}$$

$$x_2 = 1,225 \quad \rightarrow D_C = - 3527,27 \text{ kg}$$

$$Dx_3 = 6013,93 - 2021,76 \cdot 1,225 - 1290,3 - 2192,17 \cdot x_3$$

$$x_3 = 0 \quad \rightarrow D_C = 2246,37 \text{ kg}$$

$$x_3 = 1,025 \quad \rightarrow D = 0$$

$$x_3 = 2,050 \quad \rightarrow D_D = - 2246,37 \text{ kg}$$

$$M_{x_1} = 6013,93 \cdot x_1 - 2021,76 \cdot \frac{1}{2} \cdot x_1^2$$

$$x_1 = 0 \quad \rightarrow M_A = 0$$

$$x_1 = 1,225 \quad \rightarrow M_C = 5850,11 \text{ kg.m}$$

$$M_{x_2} = 6013,93 \cdot x_2 - 2021,76 \cdot \frac{1}{2} \cdot x_2^2$$

$$x_2 = 0 \quad \rightarrow M_B = 0$$

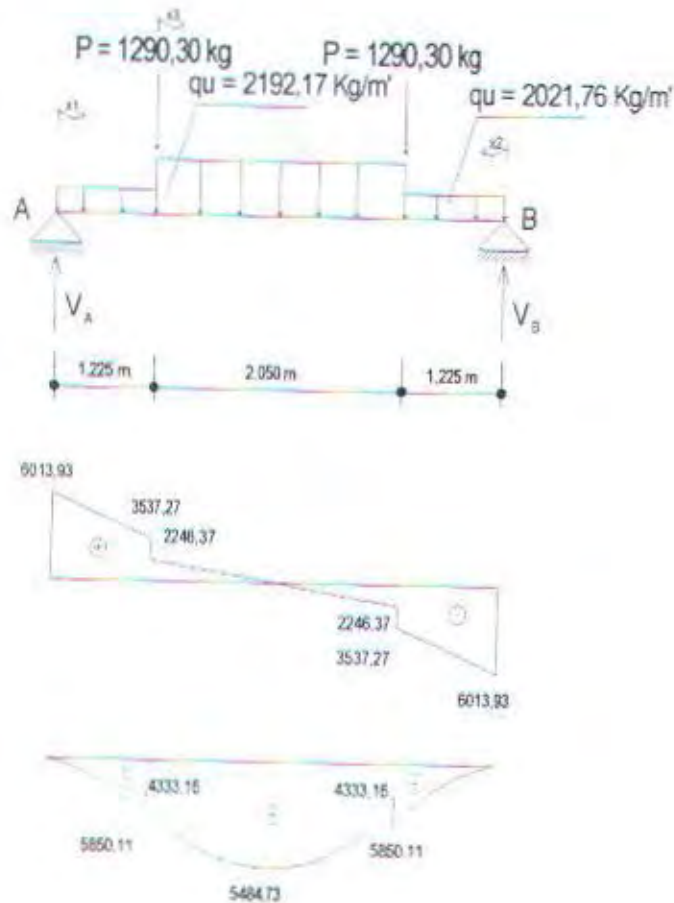
$$x_2 = 1,225 \quad \rightarrow M_D = 5850,11 \text{ kg.m}$$

$$M_{x_3} = 6013,93 \cdot (1,225 + x_3) - 2021,76 \cdot 1,225 \cdot (1,225 + x_3) - 1290,3 \cdot x_3 - 2192,17 \cdot \frac{1}{2} \cdot x_3^2$$

$$x_3 = 0 \quad \rightarrow M_C = 4333,16 \text{ kg.m}$$

$$x_3 = 1,025 \quad \rightarrow M = 5484,73 \text{ kg.m}$$

$$x_3 = 2,050 \quad \rightarrow M_D = 4333,16 \text{ kg.m}$$



Gambar 3.39 Bidang D dan M pada balok lift memanjang

• Kontrol Penampang Profil

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{125}{2 \cdot 8} = 7,81 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

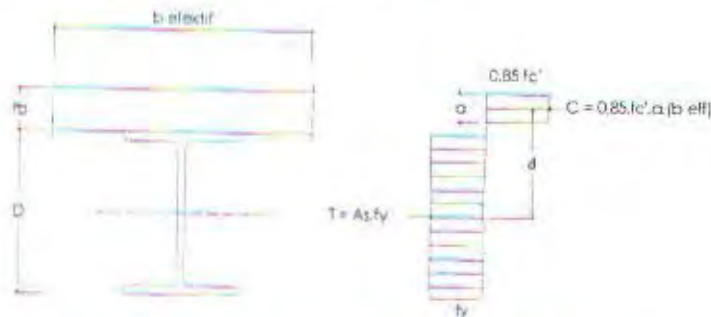
$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{208}{6} = 34,67 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots\dots\text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}}} = \frac{32,68 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 112,5} = 3,42 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 3.40 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$\begin{aligned} C &= T = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_{\text{eff}} \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 250 \cdot 112,5 \cdot 3,42 \\ &= 81759,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\ &= 32,68 \cdot 2500 \left(\frac{24,8}{2} + 12 - \frac{3,42}{2} \right) \\ &= 1853773 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\ &= 18537,73 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,85 \cdot 18537,73 \\ &= 15757,07 \text{ kg} \cdot \text{m} \geq M_u = 5850,11 \text{ kg} \cdot \text{m} \dots\dots\text{Ok} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f^*) adalah

$$f^* = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$b_{eff} = 112,5 \text{ cm (balok interior)}$$

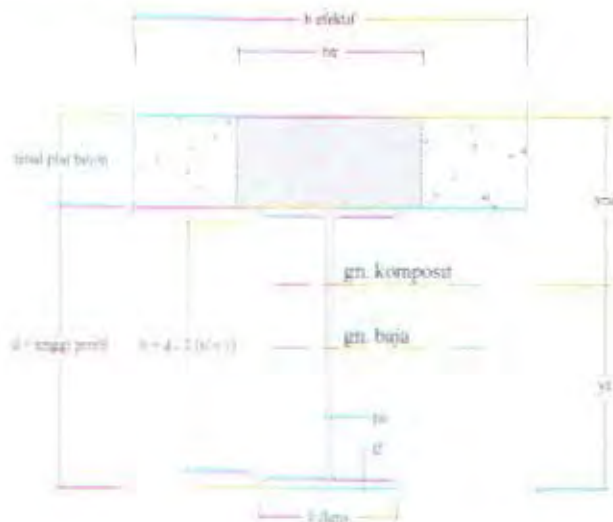
Transformasi beton ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112,5}{8,30} = 13,55 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{plat \text{ beton}} = 162,6 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 3.41 Garis Netral Balok Lift Memanjang

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left[A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right]}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{162,6 \cdot 12}{2} + \left(32,68 \cdot \left(12 + \frac{24,8}{2} \right) \right)}{(162,6 + 32,68)} = 9,08 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{13,55 \cdot (12)^3}{12} + 162,6 \left(9,08 - \frac{12}{2} \right)^2 + 3540 + 32,68 \cdot \left(\left(\frac{24,8}{2} + 12 \right) - 9,08 \right)^2$$

$$= 14703,76 \text{ cm}^4$$

$$f_{yo} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_{tr}} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P L^3}{E \cdot I_{tr}}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(21,92 + 20,21) \cdot (450)^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 14703,76} + \frac{1}{48} \cdot \frac{(1290,3 + 1290,3) \cdot (450)^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 14703,76}$$

$$= 0,76 + 0,17 = 0,93 \text{ cm} < \bar{f} = 1,25 \text{ cm} \dots \dots \dots (\text{ok})$$

Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{f_c'} = 2400^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} E_c) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{250 \cdot 241029,8}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang floordeck}$$

$$N_r = 2 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 2 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1.0$$

$$= \frac{0,85}{\sqrt{2}} \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1.0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n' = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$Vn = C = 81759,38 \text{ kg}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{Vn}{Q_n} = \frac{81759,38}{6858,23} = 11,92 \approx 12 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok anak ($L = 450 \text{ cm}$) adalah 24 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $450 \text{ cm} : 24 \text{ bh} = 18,75 \text{ cm} \dots\dots\dots(\text{OK})$

$$\rightarrow \text{Syarat min} = 6.d = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$$

▪ Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_v}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{208}{6} < 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$34,67 < 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,6 \cdot 20,8) \\ &= 18720 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$6013,93 \text{ kg} < 0,9 \cdot 18720 \text{ kg}$$

$$6013,93 \text{ kg} < 16848 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

Cipta Karya
021 5941935

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

4.1 Perhitungan Struktur Utama

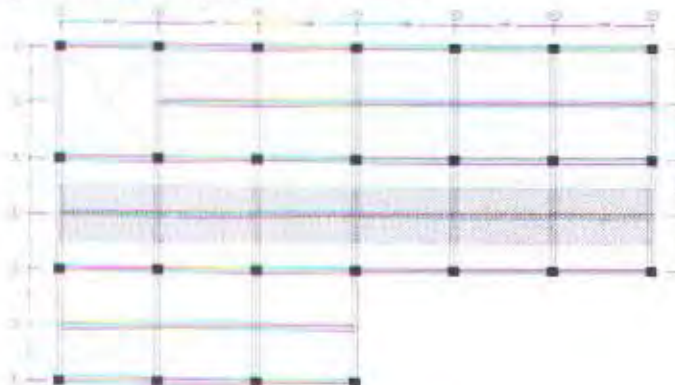
Pada perhitungan struktur utama digunakan program bantu komputer SAP2000. Perhitungan struktur utama ini menggunakan analisa open frame.

4.2 Pembebanan

Struktur utama dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai, beban struktur sendiri, beban angin dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup dikelompokkan di dalam beban gravitasi yang dipikul oleh balok hasil penyaluran plat lantai maupun dari plat atap, yang selanjutnya beban tersebut disalurkan ke kolom dan akhirnya disalurkan ke pondasi. Sedangkan untuk beban angin dan beban gempa berupa beban horizontal yang diterima oleh kolom pada masing – masing tingkat yang kemudian diteruskan ke pondasi.

4.2.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban – beban yang bekerja searah dengan gravitasi bumi. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup. Pembagian pembebanan pada balok utama dapat diasumsikan atau diequivalensikan menjadi beban merata yang diterima pada balok memanjang sedangkan untuk balok anak diasumsikan sebagai beban titik pada balok utama.



Gambar 4.1 Beban Equivalent

Beban Mati

Beban mati merupakan beban permanen yang bekerja selama umur bangunan, seperti berat sendiri, berat komponen non struktur (penutup lantai, langit – langit dan lain sebagainya).

Beban Hidup

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak bersifat permanen seperti beban mati. Beban hidup ini antara lain : beban perabotan, penghuni sendiri (manusia) dan lain – lainnya.

4.2.2 Beban Angin

Beban angin didapatkan dengan cara sesuai yang diberikan dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang diambil sebesar 25 kg/m^2 .

Koefisien angin untuk gedung tertutup pada dinding vertikal adalah sebagai berikut :

- Dinding Vertikal :
 - Di pihak angin + 0,9
 - Di belakang angin - 0,4

Untuk perhitungan **Beban Angin** dapat di lihat pada Tabel -1 (lampiran).

4.2.3 Beban Gempa

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

No.	Ketentuan	Kriteria
1.	Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.	Ok.
2.	Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25 % dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.	Tidak Ok.
3.	Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan	Ok.

	kalaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15 % dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.	
4.	Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem – subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu – sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.	Ok.
5.	Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka kalaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing - masing arah, tidak kurang dari 75 % dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.	Ok.
6.	Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, dimana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan lateral rata – rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.	Ok.
7.	Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150 % dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.	Ok.
8.	Sistem struktur gedung memiliki unsur – unsur vertikal dari system penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari	Ok.

	setengah unsur dalam arah perpindahan tersebut.	
9.	Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50 % luas seluruh tingkat lantai. Kalaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20 % dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.	Ok.

Tabel 4.1 : Ketentuan struktur gedung beraturan.

Berdasarkan ketentuan diatas maka Gedung Perkantoran Jalan Panglima Sudirman 7 Surabaya, termasuk dalam struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik. Berdasarkan tipe tanah yang terlampir, pada Gedung ini tipe tanahnya adalah tanah lunak, sedangkan wilayah gempa daerah Surabaya adalah termasuk dalam wilayah gempa 2.

Perhitungan Gaya Geser Dasar

Periode waktu getar alami fundamental (T_1)

Berdasarkan pasal 5.6 SNI 03 – 1726 – 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Waktu getar alami struktur gedung (T_1) dibatasi sebagai berikut :

$$T_1 < \zeta \cdot n$$

Dimana : ζ = ditetapkan menurut table 8 SNI 03 – 1726 – 2002

n = jumlah tingkat

$$T_1 < 0,19 \cdot 7$$

$$T_1 < 1,33 \text{ detik}$$

Faktor Respons Gempa (C)

Dari data tanah pada lokasi pembangunan Gedung Perkantoran Jl. Panglima Sudirman 7 Surabaya terlihat bahwa tipe tanahnya tanah lunak dan termasuk dalam wilayah gempa 2 (Gambar 1 SNI 03 – 1726 – 2002), faktor respons gempa (C) dapat dicari dengan memasukkan periode waktu getar (T) menurut golongan tanah dan wilayah gempa sehingga didapatkan $C = 0,38$

4.3 Kontrol Kekuatan Penampang

4.3.1 Balok Utama Melintang

Fungsi dari balok utama adalah meneruskan beban yang terjadi pada plat lantai dan balok anak ke kolom. Balok utama melintang direncanakan dengan profil WF 500.200.11.19. Panjang balok utama melintang (L) = 6250 mm.

Adapun data – data profil sebagai berikut :

$A = 131,3 \text{ cm}^2$	$i_x = 20,7 \text{ cm}$	$Z_x = 2230 \text{ cm}^3$
$W = 103 \text{ kg/m}$	$i_y = 4,43 \text{ cm}$	$Z_y = 257 \text{ cm}^3$
$I_x = 56500 \text{ cm}^4$	$S_x = 2462 \text{ cm}^3$	$b = 201 \text{ mm}$
$I_y = 2580 \text{ cm}^4$	$S_y = 398 \text{ cm}^3$	$d = 506 \text{ mm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$t_w = 11 \text{ mm}$	$r = 20 \text{ mm}$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	$f_L = 1700 \text{ kg/cm}^2$	$E = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2$

Kondisi Balok Utama Melintang Sesudah Menjadi Komposit

Dari hasil output program SAP 2000 pada as 3 frame 414, didapatkan :

$$M_B = 25798,03 \text{ kg.m}$$

$$M_A = -21929,57 \text{ kg.m}$$

$$M_C = -19791,32 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 17459,33 \text{ kg}$$

$$L = 6,250 \text{ m}$$

Kontrol Kekuatan Penampang (Lokal Buckling)

$$h = 506 - 2 \cdot (19 + 20) = 428 \text{ mm}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2 \cdot t_f} = \frac{201}{2 \cdot 19} = 5,29$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} = 5,29 \\ \lambda_p = 10,75 \end{array} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{428}{11} = 38,91 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots\dots\text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Dari hasil output program SAP 2000, didapatkan momen positif adalah :

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 2579803 \quad \text{kg.cm (frame 414)} \\ L &= 625 \quad \text{cm} \\ b_{\text{eff}} &= 156,25 \quad \text{cm} \\ t_b &= 12 \quad \text{cm} \\ h_r &= 5,40 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

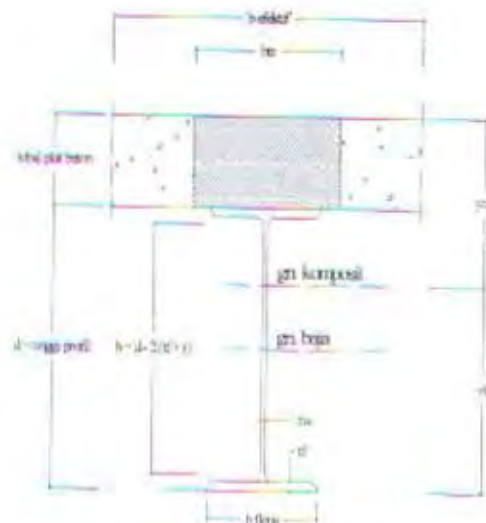
$$b_{\text{eff}} = 156,25 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{156,25}{8,30} = 18,83 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}} = 225,96 \text{ cm}^2$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 4.2 Garis Netral Balok Utama Melintang Komposit

$$\begin{aligned}
 Y_{na} &= \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left(A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)} \\
 &= \frac{\frac{225,96 \cdot 12}{2} + \left(131,3 \cdot \left(12 + \frac{50,6}{2} \right) \right)}{(225,96 + 131,3)} = 17,50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2 \\
 &= \frac{18,83 \cdot (12)^3}{12} + 225,96 \left(17,50 - \frac{12}{2} \right)^2 + 56500 + 131,3 \cdot \left(\left(\frac{50,6}{2} + 12 \right) - 17,50 \right)^2 \\
 &= 140569,58 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f') adalah

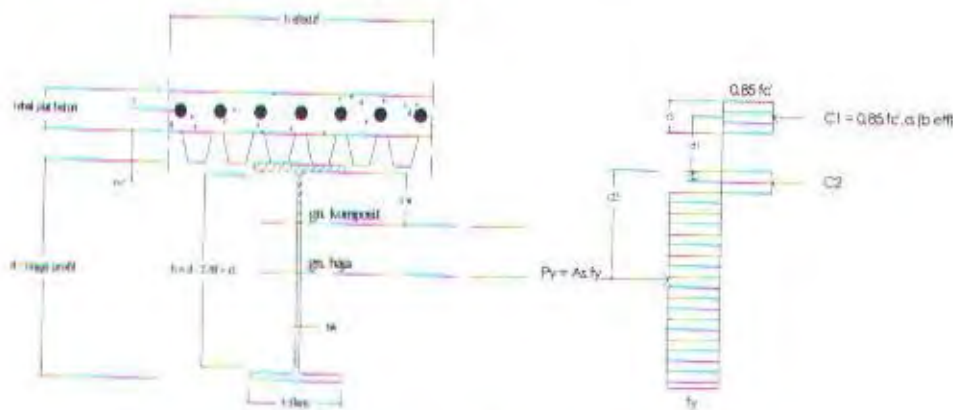
$$f' = \frac{L}{360} = \frac{625}{360} = 1,736 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_{tr}} \cdot \left(Mu_{lap} - \frac{1}{10} \cdot (Mu_{tump. kiri} + Mu_{tump. kanan}) \right) \\
 &= \frac{5 \cdot 625^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 140569,58} \cdot \left(2579803 - \frac{1}{10} \cdot (2192957 + 1979132) \right) \\
 &= 0,31 \text{ cm} < \bar{f} = 1,736 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b_{eff}} = \frac{131,3 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 156,25} = 9,89 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 4.3 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$\begin{aligned}
 C = T &= 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b_{eff} \\
 &= 0,85 \cdot 250 \cdot 9,89 \cdot 156,25 \\
 &= 328378,91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$d_1 = ts - \frac{1}{2} \cdot a = 12 - \frac{1}{2} \cdot 9,89 = 7,06 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{a - tb}{2} = \frac{9,89 - 6,6}{2} = 1,65 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{h}{2} = \frac{50,6}{2} = 25,3 \text{ cm}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned}
 Mn &= Py \cdot (d_3 - d_2) + C \cdot (d_1 + d_2) \\
 &= 131,3 \cdot 2500 \cdot (25,3 - 1,65) + 328378,91 \cdot (7,06 + 1,65) \\
 &= 10623292,81 \text{ kg-cm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,85 \cdot 10623292,81$$

$$= 9029798,89 \text{ kg-cm} \geq M_u = 2579803 \text{ kg-cm}, \dots \text{Ok}$$

Penampang komposit mampu menahan beban yang terjadi.

Dari hasil output program SAP 2000, didapatkan momen negatif:

$$M_{maks} = 2192957 \text{ kg-cm (batang 414)}$$

$$L = 625 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 156,25 \text{ cm}$$

$$t_{bondex} = 0,75 \text{ mm}$$

profil baja : Input

beton :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$t_{selimut \text{ beton}} = 2 \text{ cm}$$

$$h_r = 5,40 \text{ cm}$$

$$t_b = 12 - h_r = 6,6 \text{ cm}$$

tulangan :

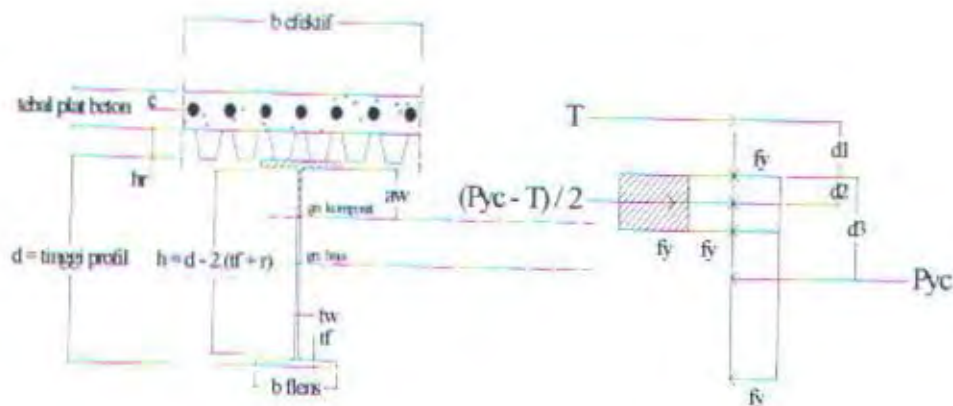
$$\phi_{tulangan} = 8 \text{ mm}$$

$$jrk. \text{ antar tul.} = 167 \text{ mm}$$

$$A_r = 0,5026 \text{ cm}^2$$

$$f_{yr} = 240 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{156,25}{16,7} = 10 \text{ buah}$$



Gambar 4.4 Distribusi Tegangan Momen Negatif

Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja :

$$\begin{aligned}
 T &= A_r \cdot f_{yr} \cdot n \\
 &= 0,5026 \cdot 2400 \cdot 10 = 12062,4 \text{ kg} \\
 P_{yc} &= A_s \cdot f_y \\
 &= 131,3 \cdot 2500 = 328250 \text{ kg} \\
 T_s &= (P_{yc} - T) / 2 \\
 &= (328250 - 12062,4) / 2 = 158093,8 \text{ kg} \\
 P_f &= t_f \cdot b_f \cdot f_y \\
 &= 1,9 \cdot 20,1 \cdot 2500 = 95475 \text{ kg} \\
 P_w &= \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f \\
 &= 158093,8 - 95475 = 62618,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan tinggi tekan efektif pada plat beton :

$$a_{wep} = \frac{P_w}{f_y \cdot t_w} = \frac{62618,8}{2500 \cdot 1,1} = 22,77 \text{ cm}$$

Menentukan jarak kopel pada gaya – gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{(P_f \cdot 0,5 \cdot t_f) + (P_w \cdot (t_f + 0,5 \cdot a_{wep}))}{P_f + P_w} \\
 &= \frac{(95475 \cdot 0,5 \cdot 1,9) + (62618,8 \cdot (1,9 + 0,5 \cdot 22,77))}{95475 + 62618,8} = 5,84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{50,6}{2} = 25,3 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - t_{selimut \text{ beton}} = 5,40 + 6,6 - 2 = 10 \text{ cm}$$

Momen nominal negatif :

$$\begin{aligned}
 M_n &= T \cdot (d_1 - d_3) - P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\
 &= 12062,4 \cdot (10 + 25,3) + 328250 \cdot (25,3 - 5,84) \\
 &= 3502308,07 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan : $\phi M_n \geq M_u$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,85 \cdot 3502308,07 > 2192957 \text{ kg.cm}$$

Kontrol Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1.5} 0.041 \sqrt{f'_c} = 2400^{1.5} \cdot 0.041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0.5 A_{sc} (\sqrt{f'_c E_c}) = 0.5 \cdot 1.767 \sqrt{25 \cdot 24102.98}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1.767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang sejajar terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad , \text{ pelat gelombang floordeck}$$

$$N_r = 2 \quad , \text{ setiap gelombang dipasang 2 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$r_s = 0,6 \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1.0$$

$$= 0,6 \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1.0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n' = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1.767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{T_{maks}}{Q_n} = \frac{328250}{6858,23} = 47,86 \approx 48 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok utama melintang ($L = 625 \text{ cm}$) adalah 96 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $625 \text{ cm} / 96 \text{ bh} = 6,51 \text{ cm}$

→ Syarat min = $6d = 4 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$ → dipasang sejarak 9 cm

Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{428}{11} < 1.10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$38,91 < 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 f_y A_w \\ &= 0.6 \cdot 2500 \cdot (1,1 \cdot 42,8) \\ &= 70620 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$17459,33 \text{ kg} < 0,9 \cdot 70620 \text{ kg}$$

$$17459,33 \text{ kg} < 63558 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4.3.2 Balok Utama Memanjang

Balok utama memanjang direncanakan dengan profil WF 300.150.6,5.9.

Panjang balok utama memanjang (L) = 450 mm.

Adapun data – data profil sebagai berikut :

$A = 46,78 \text{ cm}^2$	$i_x = 12,4 \text{ cm}$	$Z_x = 522 \text{ cm}^3$
$W = 36,7 \text{ kg/m}$	$i_y = 3,29 \text{ cm}$	$Z_y = 104 \text{ cm}^3$
$I_x = 7210 \text{ cm}^4$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$	$b = 150 \text{ mm}$
$I_y = 508 \text{ cm}^4$	$S_y = 68 \text{ cm}^3$	$d = 300 \text{ mm}$
$t_f = 9 \text{ mm}$	$t_w = 6,5 \text{ mm}$	$r = 13 \text{ mm}$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$	$f_c^* = 250 \text{ kg/cm}^2$
$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	$f_l = 1700 \text{ kg/cm}^2$	$E = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2$

Kondisi Balok Utama Memanjang Sesudah Menjadi Komposit

Dari hasil output program SAP 2000 pada as B frame 281, didapatkan :

$$\begin{aligned} M_B &= 4645,07 & \text{kg.m} \\ M_A &= -6060,69 & \text{kg.m} \\ M_C &= -6427,13 & \text{kg.m} \\ V_u &= 10183,82 & \text{kg} \\ L &= 4,50 & \text{m} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Penampang (Lokal Buckling)

$$h = 300 - 2 \cdot (9 + 13) = 256 \text{ mm}$$

Pelat Sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} &= \frac{150}{2 \cdot 9} = 8,33 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Pelat Badan :

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{256}{6,5} = 39,38 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \dots \text{OK}$$

Jadi termasuk Penampang Kompak, maka : $M_{n-x} = M_{p-x}$

Dari hasil output program SAP 2000, didapatkan momen positif adalah :

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 464507 & \text{kg.cm (frame 281)} \\ L &= 450 & \text{cm} \\ b_{\text{eff}} &= 112,5 & \text{cm} \\ t_b &= 12 & \text{cm} \\ h_r &= 5,40 & \text{cm} \end{aligned}$$

Menghitung nilai transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,041 \cdot w_c^{1,3} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,041 \cdot 2400^{1,3} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

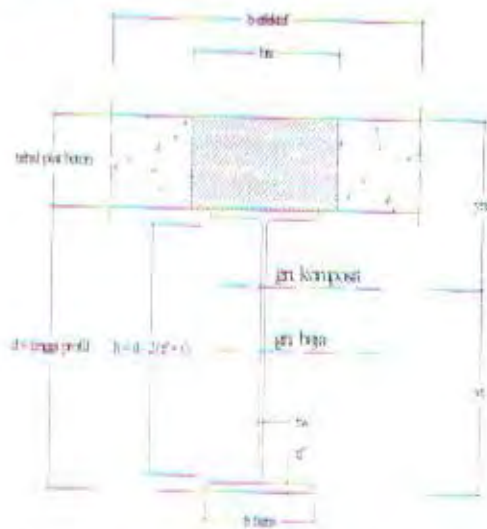
$$b_{eff} = 112,5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}}{24102,98 \text{ MPa}} = 8,30$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112,5}{8,30} = 13,55 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}} = 162,6 \text{ cm}^2$$

Menentukan letak garis netral



Gambar 4.5 Garis Netral Balok Utama Memanjang Komposit

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_{\text{plat beton}}}{2} + \left(A_s \cdot \left(t_{\text{plat beton}} + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

$$= \frac{\frac{162,6 \cdot 12}{2} + \left(46,78 \cdot \left(12 + \frac{30}{2} \right) \right)}{(162,6 + 46,78)} = 6,42 \text{ cm}$$

Menentukan nilai momen inersia (I_{tr})

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot (t_{\text{plat beton}})^3}{12} + A_{tr} \left(Y_{na} - \frac{t_{\text{plat beton}}}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + t_{\text{plat beton}} \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$= \frac{13,55 \cdot (12)^3}{12} + 162,6 \left(6,42 - \frac{12}{2} \right)^2 + 7210 + 46,78 \left(\left(\frac{30}{2} + 12 \right) - 6,42 \right)^2$$

$$= 29002,92 \text{ cm}^4$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin (f^*) adalah

$$f^* = \frac{L}{360} = \frac{450}{360} = 1,25 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5 \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_{tr}} \cdot \left(Mu_{Lap} - \frac{1}{10} \cdot \left(Mu_{tump. \text{ kiri}} + Mu_{tump. \text{ kanan}} \right) \right)$$

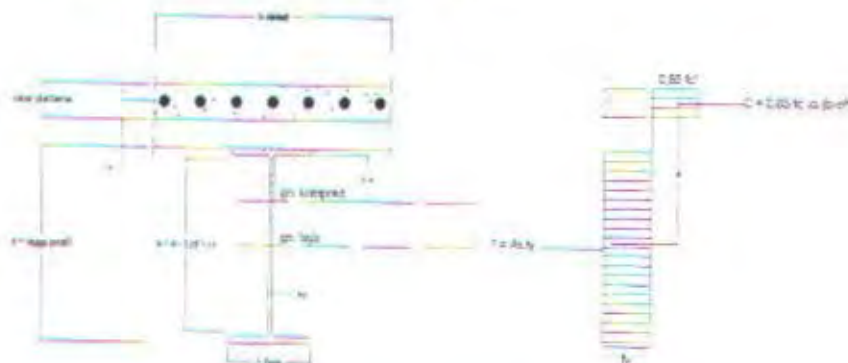
$$= \frac{5 \cdot 450^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 29002,92} \cdot \left(464507 - \frac{1}{10} \cdot (606069 + 642713) \right)$$

$$= 0,12 \text{ cm} < f^* = 1,25 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

Menentukan Tinggi Tekan Efektif Beton

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{46,78 \cdot 2500}{0,85 \cdot 250 \cdot 112,5} = 4,89 \text{ cm}$$

Menentukan Nilai Gaya Tekan dan Tarik Batas



Gambar 4.6 Distribusi Tegangan Pada Kapasitas Momen Batas

$$C = T = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \cdot 250 \cdot 4,89 \cdot 112,5$$

$$= 116950 \text{ kg}$$

Perhitungan Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 46,78 \cdot 2500 \cdot \left(\frac{30}{2} + 12 - \frac{4,89}{2} \right) \\
 &= 28717087,25 \text{ kg-cm} \\
 \phi M_n &= 0,85 \cdot 2871707,25 \\
 &= 2440951,16 \text{ kg-cm} \geq M_u = 464507 \text{ kg-cm} \dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Penampang komposit mampu menahan beban yang terjadi.

Dari hasil output program SAP 2000, didapatkan momen negatif:

$$M_{\text{maks}} = 642713 \text{ kg.cm (Frame 281)}$$

$$L = 450 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 112,5 \text{ cm}$$

$$t_{\text{bondex}} = 0,75 \text{ mm}$$

profil baja : Input

beton :

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{selimut beton}} = 2 \text{ cm}$$

$$h_r = 5,40 \text{ cm}$$

$$t_b = 12 - h_r = 6,6 \text{ cm}$$

tulangan :

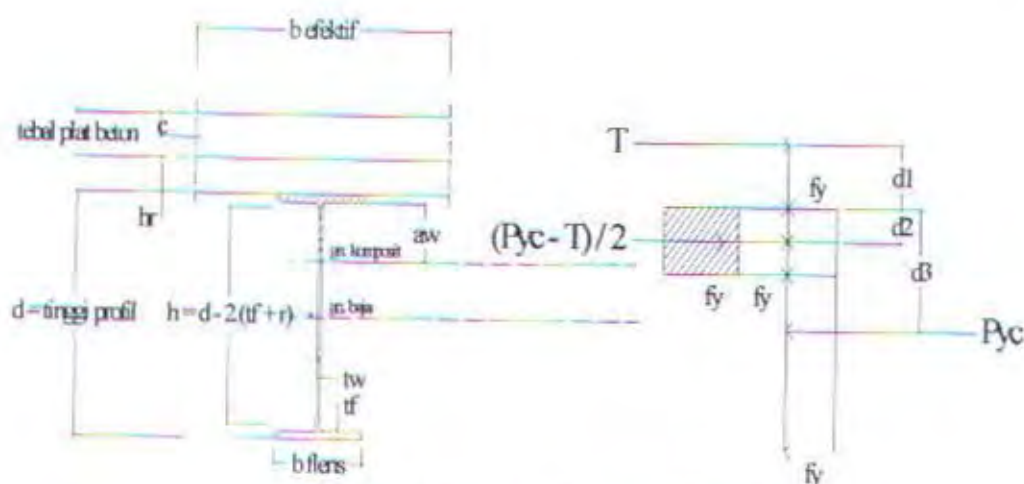
$$\phi_{\text{tulangan}} = 8 \text{ mm}$$

$$jrk.\text{antar tul.} = 150 \text{ mm}$$

$$A_r = 0,5026 \text{ cm}^2$$

$$f_{y_r} = 240 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{112,5}{15} = 8 \text{ bh}$$



Gambar 4.7 Distribusi Tegangan Momen Negatif

Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja :

$$\begin{aligned}
 T &= A_r \cdot f_{yr} \cdot n \\
 &= 0,5026 \cdot 2400 \cdot 8 = 9649,92 \quad \text{kg} \\
 P_{yc} &= A_s \cdot f_y \\
 &= 46,78 \cdot 2500 = 116950 \quad \text{kg} \\
 T_s &= (P_{yc} - T) / 2 \\
 &= (116950 - 9649,92) / 2 = 53650,04 \quad \text{kg} \\
 P_f &= t_f \cdot b_f \cdot f_y \\
 &= 0,9 \cdot 15 \cdot 2500 = 33750 \quad \text{kg} \\
 P_w &= \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f \\
 &= 53650,04 - 33750 = 19900,04 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan tinggi tekan efektif pada plat beton :

$$a_{wep} = \frac{P_w}{f_y \cdot t_w} = \frac{19900,04}{2500 \cdot 0,65} = 12,25 \quad \text{cm}$$

Menentukan jarak kopel pada gaya – gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{(P_f \cdot 0,5 \cdot t_f) + (P_w \cdot (t_f + 0,5 \cdot a_{wep}))}{P_f + P_w} \\
 &= \frac{(33750 \cdot 0,5 \cdot 0,9) + (19900,04 \cdot (0,9 + 0,5 \cdot 12,25))}{33750 + 19900,04} = 2,89 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \quad \text{cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - t_{\text{selimut beton}} = 5,40 + 6,6 - 2 = 10 \quad \text{cm}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - t_{\text{selimut beton}} = 5,40 + 6,6 - 2 = 10 \text{ cm}$$

Momen nominal negatif :

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot (d_1 + d_3) + P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\ &= 9649,92 \cdot (10 + 15) - 116950 \cdot (15 - 2,89) \\ &= 890949,98 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Persyaratan : $\phi M_n \geq M_u$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,85 \cdot 890949,98 > 642713 \text{ kg.cm}$$

$$757307,48 \text{ kg.cm} > 642713 \text{ kg.cm} \quad (\text{ok})$$

Penampang komposit mampu menahan beban yang terjadi.

Kontrol Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan :

$$d_s = 15 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 176,7 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = w^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{f_c'} = 2400^{1,5} \cdot 0,041 \sqrt{25}$$

$$= 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} E_c) = 0,5 \cdot 1,767 \sqrt{25 \cdot 241029,8}$$

$$= 68582,28 \text{ N} = 6858,23 \text{ kg}$$

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$6858,228 \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Check koefisien reduksi r_s karena pengaruh gelombang pelat *floordeck* yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm} \quad ; \text{ pelat gelombang } \textit{floordeck}$$

$$N_r = 2 \quad ; \text{ setiap gelombang dipasang 2 stud}$$

$$H_s = (h_r + 40)$$

$$= (54 + 40) = 94 \text{ mm}$$

$$= \frac{0.85}{\sqrt{1}} \left(\frac{200}{54} \right) \left(\frac{94}{54} - 1 \right) = 1,65 > 1,0, \text{ jadi } r_s = 1$$

$$Q_n^* = Q_n r_s$$

$$= 6858,23 \cdot 1$$

$$= 6858,23 \text{ kg} \leq 1,767 \cdot 4000 = 7068 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Jumlah stud untuk setengah bentang :

$$N = \frac{T_{maks}}{Q_n} = \frac{116950}{6858,23} = 17,05 \approx 18 \text{ buah}$$

Jadi untuk setiap bentang balok utama melintang ($L = 450 \text{ cm}$) adalah 36 bh dan jarak antar penghubung geser adalah $450 \text{ cm} / 36 \text{ bh} = 12,5 \text{ cm} \dots\dots(\text{OK})$

$$\rightarrow \text{Syarat min} = 6d = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ cm}$$

Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

di mana $k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan

$k_n = 5$ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan sehingga :

$$\frac{256}{6,5} < 1,10 \sqrt{\frac{5(2 \times 10^6)}{2500}}$$

$$39,38 < 69,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (0,65 \cdot 25,6)$$

$$= 24960 \text{ kg}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$10183,82 \text{ kg} < 0,9 \cdot 24960 \text{ kg}$$

$$10183,82 \text{ kg} < 22464 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$



4.4 Kolom Komposit

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada kolom 127 lantai dasar adalah :

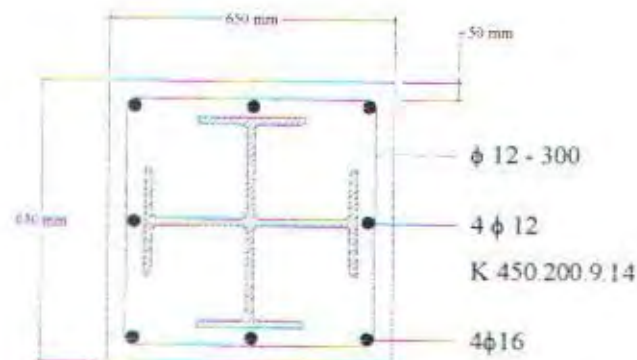
$$P_u = 187634,96 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 23218 \text{ kg.cm}$$

$$M_{uy} = 3909 \text{ kg.cm}$$

Kolom komposit direncanakan dengan menggunakan profil K 450.200.9.14, dengan spesifikasi material sebagai berikut :

$A = 193,52 \text{ cm}^2$	$I_x = 35370 \text{ cm}^4$	$i_x = 13,52 \text{ cm}$
$d = 450 \text{ mm}$	$I_y = 36851 \text{ cm}^4$	$i_y = 13,52 \text{ cm}$
$b = 200 \text{ mm}$	$r = 18 \text{ mm}$	$H = 450 \text{ mm}$
$S_x = 1572 \text{ cm}^3$	$S_y = 1605,7 \text{ cm}^3$	



Gambar 4.8 Penampang kolom komposit

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot d \cdot t_w \cdot \frac{1}{4} \cdot d \right) + (b - t_w) \cdot (t_f) \cdot (d - t_f) \right) + \\
 &\quad \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b \cdot t_f \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2 \cdot t_f) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot t_w \right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot t_w \right) \right) \\
 &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 45 \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{4} \cdot 45 \right) + (20 - 0,9) \cdot (1,4) \cdot (45 - 1,4) \right) + \\
 &\quad \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (45 - 2 \cdot 1,4) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,9 \right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,9 \right) \right) \\
 &= 1910 \text{ cm}^3 \\
 Z_y &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b \cdot \frac{1}{4} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2 \cdot t_f) \cdot \frac{1}{2} \cdot t_w \cdot \frac{1}{2} \cdot t_w \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \cdot (d + t_w) \cdot t_w \cdot \frac{1}{2} \cdot (d + t_w) + (b - t_w) \cdot 2 \cdot (d + t_w - t_f) \right) \\
 &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 20 \cdot \frac{1}{4} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (45 - 2 \cdot 1,4) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,9 \right) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{1}{2} \cdot (45 + 0,9) \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot (45 + 0,9) + (20 - 0,9) \cdot 2 \cdot (45 + 0,9 - 1,4) \right) \\
 & = 1952,5 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{193,52}{(65 \cdot 65)} \cdot 100 \% = 4,58 \% > 4,00 \%$$

Tulangan longitudinal

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak spasi tulangan} & = 650 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 12) - (16) \\
 & = 510 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan longitudinal (Ar)} & = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\
 & = 201,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Ar minimum} = 0,18 \cdot 510 = 91,8 \text{ mm}^2 < 201,06 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok})$$

Tulangan lateral (sejang dipasang $\varnothing 12 - 300 \text{ mm}$)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan sejang} & = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \\
 & = 113,09 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas sejang minimum} & = 0,18 \cdot 300 \\
 & = 54 \text{ mm}^2 < 113,09 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang bersih (Acn)} & = (65 \cdot 65) - (193,52 + 2,01) \\
 & = 4029,47 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk baja yang diberi selubung beton :

$$c_1 = 0,7 \quad c_2 = 0,6 \quad c_3 = 0,2$$

$$\begin{aligned}
 f_{my} & = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \cdot \frac{A_r}{A_s} + c_2 \cdot f_c \cdot \frac{A_{cn}}{A_s} \\
 & = 250 + 0,7 \cdot 240 \cdot \frac{2,01}{193,52} + 0,6 \cdot 25 \cdot \frac{4029,47}{193,52} \\
 & = 564,07 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c & = 0,041 w^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'} \\
 & = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} \\
 & = 24102,98 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

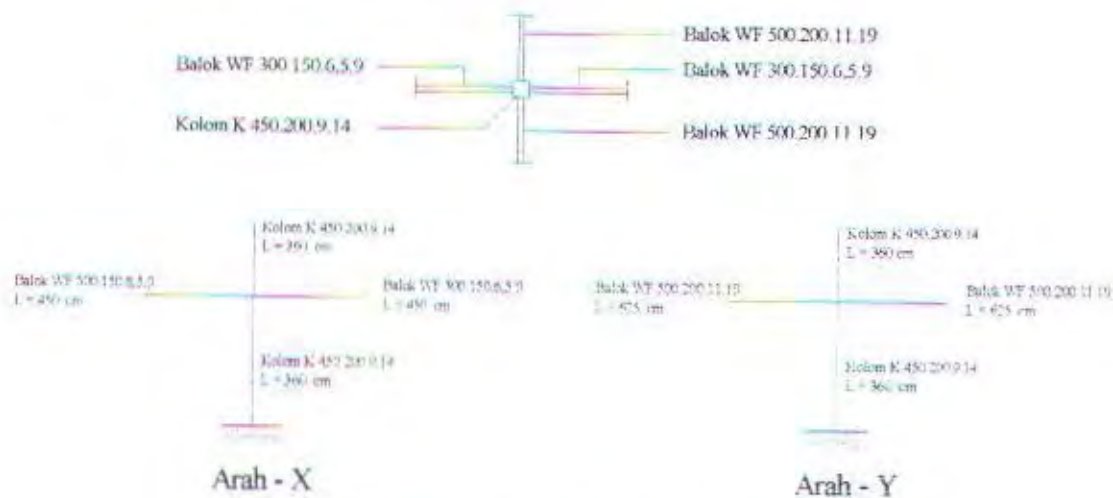
$$E_m = E_s + c_3 \cdot E_c \cdot \frac{A_{cn}}{A_s}$$

$$= 200000 + 0,2 \cdot 24102,98 \cdot \frac{4029,47}{193,52}$$

$$= 300374,37 \text{ MPa}$$

$$r_m = 0,3 \cdot b = 0,3 \cdot 65 = 19,5 \text{ cm} > i_y \text{ (dipakai } r_m)$$

Kuat Nominal Aksi Kolom Komposit



Gambar 4.9 Posisi Kolom Terhadap Balok

Bagian dasar kolom diasumsikan jepit, sehingga nilai $G_{KB} = 1,0$

$$G_{KAx} = \frac{\sum \left[\frac{I_x}{L} \right]_{\text{kolom}}}{\sum \left[\frac{I_x}{L} \right]_{\text{Balok}}} = \frac{\sum \left(\frac{35370}{360} \right) + \left(\frac{35370}{360} \right)}{\sum \left(\frac{7210}{450} \right) + \left(\frac{7210}{450} \right)} = 6,13$$

$$G_{KAy} = \frac{\sum \left[\frac{I_y}{L} \right]_{\text{kolom}}}{\sum \left[\frac{I_y}{L} \right]_{\text{Balok}}} = \frac{\sum \left(\frac{36851}{360} \right) + \left(\frac{36851}{360} \right)}{\sum \left(\frac{2580}{625} \right) + \left(\frac{2580}{765} \right)} = 24,80$$

Jenis rangka tidak berpengaku (unbraced frame), sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$k_{ex} = 1,78 \text{ dan } k_{ey} = 2,16 \rightarrow k_{ey} \text{ menentukan.}$$

$$L_k = k_c \cdot L = 2,16 \cdot 360 = 777,6 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r_m} = \frac{777,6}{19,5} = 39,88 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{39,88}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{564,07}{300374,37}} = 0,55$$

Kolom pada struktur ini, termasuk di dalam kategori kolom menengah, dimana :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,55} = 1,16$$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{564,07}{1,16} = 485,69 \text{ MPa}$$

$$P_n = A_s \cdot f_{cr} = 193,52 \text{ cm}^2 \cdot 485,69 \text{ kg/cm}^2 = 939907,29 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 939907,29 = 798913,71 \text{ kg} > P_u = 187634,96 \text{ kg} \dots (\text{ok})$$

Semua beban desain kolom ditopang oleh kolom komposit (terdiri dari profil baja dan beton). Persyaratan luas minimal penampang beton yang menahan beban desain kolom adalah :

Kemampuan profil baja menahan beban :

$$\phi P_{ns} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot 193,52 \cdot 2500 = 411230 \text{ kg}$$

Kemampuan penampang beton menahan beban :

$$\phi P_{nc} = \phi P_n - \phi P_{ns} = 798913,71 - 411230 = 387683,71 \text{ kg}$$

Syarat yang harus dipenuhi untuk luas penampang beton $\phi P_{nc} \leq 1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot A_b$

$$A_b \geq \frac{\phi \cdot P_{nc}}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c'} = \frac{387683,71}{1,7 \cdot 0,85 \cdot 250} = 1073,17 \text{ cm}^2$$

Luas penampang beton yang ada (A_{cn}) = $1073,17 \text{ cm}^2 > 632,12 \text{ cm}^2 \dots \dots (\text{ok})$

Kuat Nominal Momen dan Aksial Kolom Komposit

$$\text{Luasan badan profil (Aw)} = (0,8 \cdot 45) \cdot 2 = 72 \text{ cm}^2$$

$$C_{rc} = C_{rt} = 325 - (50 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 16)) = 255 \text{ mm}$$

$$C_r = (C_{rc} + C_{rt}) / 2 = 255 \text{ mm}$$

$$h_1 = h_2 = 650 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{187634,96}{798913,71} = 0,23 > 0,20$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \cdot f_y + \frac{1}{3} \cdot (h_2 - 2C_r) \cdot A_r \cdot f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot h_1} \right) \cdot A_w \cdot f_y \\ &= 1910 \cdot 2500 + \frac{1}{3} \cdot (65 - 2 \cdot 255) \cdot 2,01 \cdot 2400 + \\ &\quad \left(\frac{65}{2} - \frac{72 \cdot 2500}{1,7 \cdot 250 \cdot 65} \right) \cdot 72 \cdot 2500 \\ &= 9930430,91 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y + \frac{1}{3} \cdot (h_2 - 2C_r) \cdot A_r \cdot f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot h_1} \right) \cdot A_w \cdot f_y \\ &= 1952,5 \cdot 2500 + \frac{1}{3} \cdot (65 - 2 \cdot 255) \cdot 2,01 \cdot 2400 + \\ &\quad \left(\frac{65}{2} - \frac{72 \cdot 2500}{1,7 \cdot 250 \cdot 65} \right) \cdot 72 \cdot 2500 \\ &= 10036614,03 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk } \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} > 0,20 \quad \rightarrow \quad \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$0,23 + \frac{8}{9} \left(\frac{23218}{0,85 \cdot 9930430,91} + \frac{3909}{0,85 \cdot 10036614,03} \right) = 0,238 < 1,00 \quad (\text{ok})$$

Kesimpulan :

Jadi kolom komposit digunakan profil K 450.200.9.14 dengan beton 65 cm x 65 cm

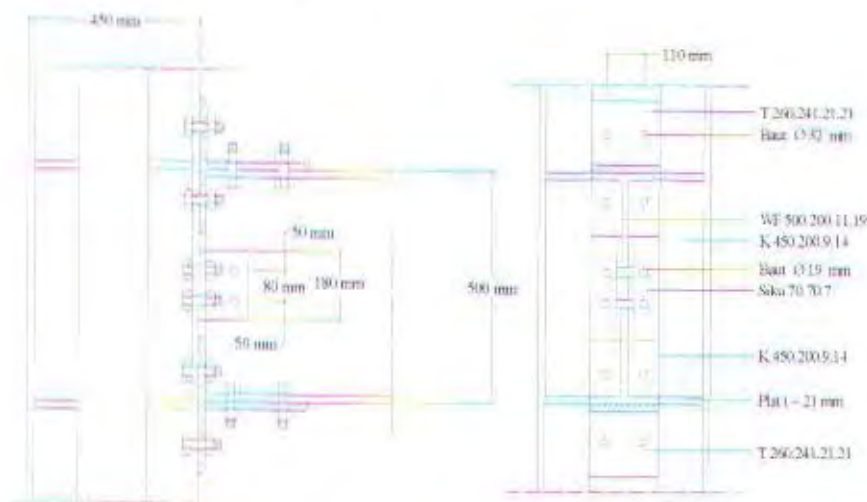
4.5 Desain Sambungan

4.5.1 Sambungan Balok Melintang Dengan Kolom

Sambungan antara balok melintang dengan kolom direncanakan dengan menggunakan baut (rigid connection), sesuai dengan asumsi di dalam perhitungan statika. Untuk perhitungan kekuatan dan jumlah baut yang dibutuhkan menggunakan cara pendekatan titik putar (Gaya – gaya pada batang 478)

$$M_u = 2192957 \quad \text{kg.cm}$$

$$V_u = 17459,33 \quad \text{kg}$$



Gambar 4.10 Sambungan Kolom Dan Balok Melintang

Kontrol Sambungan Geser Pada Badan Balok

Direncanakan : plat siku 70.70.7, baut Ø 19 mm

a. Kuat geser

$$V_n = 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{boul} \cdot m \rightarrow \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{boul} &= 19 \text{ mm (} A_{boul} = 2,84 \text{ cm}^2 \text{)} \\ m &= 2 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 2,84 \cdot 2 \\ &= 8733 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 7 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 19630,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 17459,33 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{17459,33}{8733} = 1,99 \text{ bh (dipasang 2 bh)}$$

Kontrol Sambungan Geser Pada Sayap Kolom

Direncanakan Baut $\varnothing 19 \text{ mm}$

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{bout}} \cdot m \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{\text{bout}} &= 19 \text{ mm (} A_{\text{bout}} = 2,84 \text{ cm}^2 \text{)} \\ m &= 1 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 2,84 \cdot 1 \\ &= 4366,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 7 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 19630,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 17459,33 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{17459,33}{4366,5} = 3,99 \text{ bh (dipasang 4 bh)}$$

Kontrol Kekuatan Siku Penyambung ($t = 7 \text{ mm}$)

Direncanakan : Baut $\varnothing 19 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Luas bidang geser

$$\begin{aligned} A_{nt} &= (5 - (0,5 \cdot (1,9 + 0,15))) \cdot 0,7 \cdot 2 \text{ sisi} = 5,57 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= (18 - (1,5 \cdot (1,9 + 0,15))) \cdot 0,7 \cdot 2 \text{ sisi} = 20,89 \text{ cm}^2 \\ A_{gt} &= (5 \cdot 0,7) \cdot 2 \text{ sisi} = 7,00 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= (18 \cdot 0,7) \cdot 2 \text{ sisi} = 36,40 \text{ cm}^2 \\ f_u \cdot A_{nt} &= 4100 \cdot 5,57 = 22837 \text{ kg} \\ 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} &= 0,6 \cdot 4100 \cdot 20,89 = 51389,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana (ϕR_n)

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}) \\ &= 0,75 \cdot (51389,4 + (2500 \cdot 7)) \\ &= 5167,05 \text{ kg} \\ \phi R_n &> V_u = 17459,33 \text{ kg} \quad (\text{ok})\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Siku Penyambung ($t = 7 \text{ mm}$)

Direncanakan : Baut $\varnothing 32 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 8,04 \text{ cm}^2$$

Gaya tarik (T) akibat momen adalah :

$$\begin{aligned}2T &= \frac{M_u}{d_{balok}} \\ T &= \frac{2192957}{2 \cdot 50} = 21929,57 \text{ kg}\end{aligned}$$



Gambar 4.11 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Profil T

Kekuatan baut rencana (B) adalah :

$$\begin{aligned}B &= 0,75 \cdot f_{ub} \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot n ; n = \text{jumlah baut dalam satu baris} \\ &= 0,75 \cdot 4100 \cdot 0,75 \cdot 8,04 \cdot 2 \\ &= 37084,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol Tebal Flens Profil T

$$a = 60 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$b = 50 \text{ mm (kulak, fisher \& shrink } a \leq 1,25 b)$$

Koreksi untuk a dan b :

$$a' = a + \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 76 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 34 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1 \right) \frac{a'}{b'} = \left(\frac{37084,5}{21929,57} - 1 \right) \frac{76}{34} = 1,54 \text{ dipakai nilai } \alpha = 1$$

$$\delta = \frac{(w - \sum d')}{w} = \frac{(200 - (2 \cdot (32 + 1,5)))}{200} = 0,665$$

$$Q = T \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b'}{a'} \right) = 21929,57 \cdot \left(\frac{1 \cdot 0,665}{1 + (1 \cdot 0,665)} \right) \left(\frac{34}{76} \right) \\ = 3918,35 \text{ kg}$$

Gaya yang terjadi pada baut adalah :

$$B \geq T + Q$$

$$37084,5 \text{ kg} \geq 21929,57 \text{ kg} + 3918,35 \text{ kg}$$

$$37084,5 \text{ kg} \geq 25847,92 \text{ kg}, \dots \text{ (Ok)}$$

Maka tebal profil yang diperlukan :

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot f_y \cdot (1 + \alpha \cdot \delta)}}$$

$$2,1 \text{ cm} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 21929,57 \cdot 3,4}{0,9 \cdot 20 \cdot 2500 \cdot (1 + 1 \cdot 0,665)}}$$

$$2,1 \text{ cm} \geq 1,99 \text{ cm}$$

Kontrol Badan Profil T Dengan Flens Balok

Kontrol Kekuatan Baut

Direncanakan : Baut ϕ 25 mm ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 4,91 \text{ cm}^2$$

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} r_1 &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{\text{baut}} &= 19 \text{ mm} (A_{\text{baut}} = 2,84 \text{ cm}^2) \\ m &= 1 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 4,91 \cdot 1 \\
 &= 7549,13 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned}
 R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 1,9 \text{ mm)} \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,5 \cdot 2 \cdot 1,9 \cdot 4100 \\
 &= 70110 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 17459,33 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{17459,33}{7549,13} = 2,31 \text{ bh (dipasang 4 bh pada dua sisi)}$$

Kontrol Kekuatan Badan Profil T

Kontrol Kekuatan Baut

Direncanakan : Baut $\varnothing 25 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= w \cdot t_w \\
 &= 20 \cdot 2,1 = 42 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - (\sum d' \cdot t_w) \\
 &= 42 - (2 \cdot 2,65 \cdot 2,1) = 30,87 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

a. Kontrol leleh

$$\begin{aligned}
 2T &\leq 0,9 \cdot A_g \cdot f_y \\
 2 \cdot 21929,57 &\leq 0,9 \cdot 42 \cdot 2500 \\
 43859,14 \text{ kg} &\leq 94500 \text{ kg.....(Ok)}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol patah

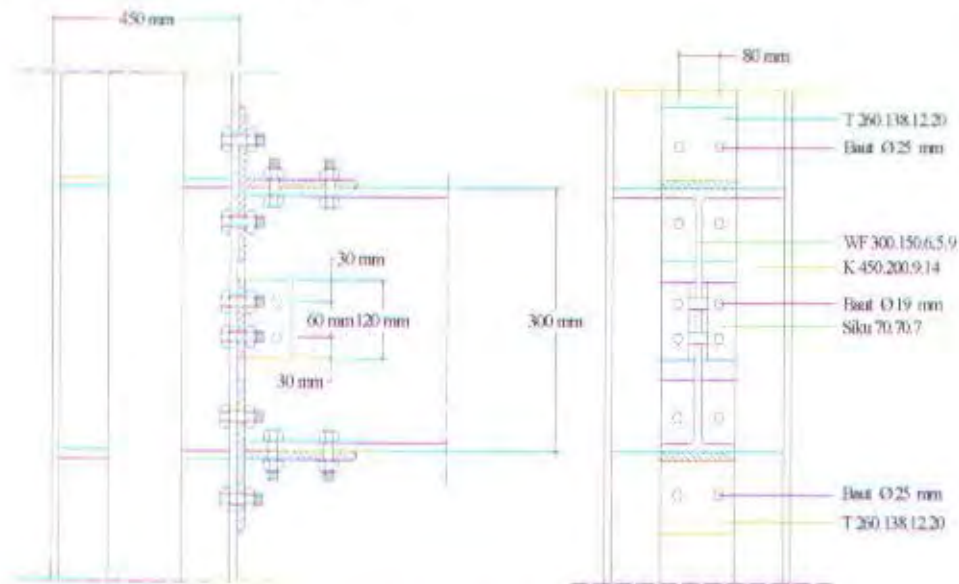
$$\begin{aligned}
 2T &\leq 0,75 \cdot A_n \cdot f_u \\
 2 \cdot 21929,57 &\leq 0,75 \cdot 30,87 \cdot 4100 \\
 43859,14 \text{ kg} &\leq 94500 \text{ kg.....(Ok)}
 \end{aligned}$$

4.5.2 Sambungan Balok Memanjang Dengan Kolom

Sambungan antara balok memanjang dengan kolom direncanakan dengan menggunakan baut (rigid connection), sesuai dengan asumsi di dalam perhitungan statika. Untuk perhitungan kekuatan dan jumlah baut yang dibutuhkan menggunakan cara pendekatan titik putar (Gaya – gaya pada batang 211)

$$M_u = 642713 \quad \text{kg cm}$$

$$V_u = 10183,82 \quad \text{kg}$$



Gambar 4.12 Sambungan Kolom Dan Balok Memanjang

Kontrol Sambungan Geser Pada Badan Balok

Direncanakan : plat siku 70.70.7, baut Ø 19 mm

a. Kuat geser

$$V_n = 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \rightarrow \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{\text{baut}} &= 19 \text{ mm} (A_{\text{baut}} = 2,84 \text{ cm}^2) \\ m &= 2 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 2,84 \cdot 2 \\ &= 8733 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 7 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 19630,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 10183,82 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{10183,82}{8733} = 1,17 \text{ bh (dipasang 2 bh)}$$

Kontrol Sambungan Geser Pada Sayap Kolom

Direncanakan Baut $\varnothing 19 \text{ mm}$

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{boul} \cdot m \rightarrow \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{boul} &= 19 \text{ mm (} A_{boul} = 2,84 \text{ cm}^2 \text{)} \\ m &= 1 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 2,84 \cdot 1 \\ &= 4366,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 7 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 19630,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 10183,82 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{10183,82}{4366,5} = 2,33 \text{ bh (dipasang 4 bh)}$$

Kontrol Kekuatan Siku Penyambung ($t = 7 \text{ mm}$)

Direncanakan : Baut $\varnothing 19 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Luas bidang geser

$$\begin{aligned} A_{nt} &= (5 - (0,5 \cdot (1,9 + 0,15))) \cdot 0,7 \cdot 2 \text{ sisi} = 5,57 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= (12 - (1,5 \cdot (1,9 + 0,15))) \cdot 0,7 \cdot 2 \text{ sisi} = 12,495 \text{ cm}^2 \\ A_{gt} &= (5 \cdot 0,7) \cdot 2 \text{ sisi} = 7,00 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= (12 \cdot 0,7) \cdot 2 \text{ sisi} = 16,8 \text{ cm}^2 \\ f_u \cdot A_{nt} &= 4100 \cdot 5,57 = 22837 \text{ kg} \\ 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} &= 0,6 \cdot 4100 \cdot 12,495 = 30737,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana (ϕR_n)

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}) \\ &= 0,75 \cdot (30737,7 + (2500 \cdot 7)) \\ &= 36178,28 \text{ kg} \\ \phi R_n &> V_u = 10183,82 \text{ kg} \dots \dots (\text{ok})\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Siku Penyambung ($t = 7 \text{ mm}$)

Direncanakan : Baut $\varnothing 25 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 4,91 \text{ cm}^2$$

Gaya tarik (T) akibat momen adalah :

$$\begin{aligned}2T &= \frac{M_u}{d_{balok}} \\ T &= \frac{642713}{2 \cdot 30} = 10711,88 \text{ kg}\end{aligned}$$



Gambar 4.13 Gaya - Gaya Yang Bekerja Pada Profil T

Kekuatan baut rencana (B) :

$$\begin{aligned}B &= 0,75 \cdot f_{ub} \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot n ; n = \text{jumlah baut dalam satu baris} \\ &= 0,75 \cdot 4100 \cdot 0,75 \cdot 4,91 \cdot 2 \\ &= 22647,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol Tebal Flens Profil T

$$\begin{aligned}a &= 35 \text{ mm (direncanakan)} \\ b &= 28 \text{ mm (kulak, fisher \& shrink } a \leq 1,25 b)\end{aligned}$$

Koreksi untuk a dan b :

$$a' = a + \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 47,5 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} \phi_{\text{baut}} = 15,5 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1 \right) \frac{a'}{b'} = \left(\frac{22647,38}{10711,88} - 1 \right) \frac{47,5}{15,5} = 3,41 > 1, \text{ maka } \alpha = 1$$

$$\delta = \frac{(w - \sum d'')}{w} = \frac{(200 - (2 \cdot (25 + 1,5)))}{200} = 0,735$$

$$Q = T \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b'}{a'} \right) = 10711,88 \cdot \left(\frac{1,0,735}{1 + (1,0,735)} \right) \left(\frac{15,5}{47,5} \right)$$

$$= 1480,78 \text{ kg}$$

Gaya yang terjadi pada baut adalah :

$$B \geq T + Q$$

$$22647,38 \text{ kg} \geq 10711,88 \text{ kg} + 1480,78 \text{ kg}$$

$$22647,38 \text{ kg} \geq 12192,66 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Maka tebal profil yang diperlukan :

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot f_y \cdot (1 + \alpha \cdot \delta)}}$$

$$1,2 \text{ cm} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 10711,88 \cdot 1,55}{0,9 \cdot 20 \cdot 2500 \cdot (1 + 1,0,735)}}$$

$$1,2 \text{ cm} \geq 0,85 \text{ cm}$$

Kontrol Badan Profil T Dengan Flens Balok

Kontrol Kekuatan Baut

Direncanakan : Baut ϕ 25 mm ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 4,91 \text{ cm}^2$$

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 (\text{BJ 41}) \\ \phi_{\text{baut}} &= 25 \text{ mm} (A_{\text{baut}} = 4,91 \text{ cm}^2) \\ m &= 1 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$V_n = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 4,91 \cdot 1$$

$$= 7549,13 \text{ kg (menentukan)}$$

b. Kuat tumpu

$$R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot 2 \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 8 \text{ mm)}$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,5 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 4100$$

$$= 29520 \text{ kg}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $V_u = 10183,82 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{10183,82}{7549,13} = 1,35 \text{ bh (dipasang 4 bh pada dua sisi)}$$

Kontrol Kekuatan Badan Profil T

Kontrol Kekuatan Baut

Direncanakan : Baut $\varnothing 25 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_b = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$A_g = w \cdot t_w$$

$$= 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - (\sum d' \cdot t_w)$$

$$= 16 - (2 \cdot 2,65 \cdot 0,8) = 11,76 \text{ cm}^2$$

a. Kontrol leleh

$$2T \leq 0,9 \cdot A_g \cdot f_y$$

$$2 \cdot 10711,88 \leq 0,9 \cdot 16 \cdot 2500$$

$$21423,76 \text{ kg} \leq 36000 \text{ kg} \dots\dots (\text{Ok})$$

b. Kontrol patah

$$2T \leq 0,75 \cdot A_n \cdot f_u$$

$$2 \cdot 10711,88 \leq 0,75 \cdot 11,76 \cdot 4100$$

$$21423,76 \text{ kg} \leq 36162 \text{ kg} \dots\dots (\text{Ok})$$

4.5.3 Sambungan Balok Induk Dengan Balok Tangga

Sambungan balok utama dengan balok tangga merupakan sambungan sendi.

Sambungan siku dengan badan balok utama

Direncanakan Baut $\varnothing 12$ mm

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{boul} \cdot m \rightarrow \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{boul} &= 12 \text{ mm (} A_{boul} = 1,13 \text{ cm}^2 \text{)} \\ m &= 1 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 1,13 \cdot 1 \\ &= 1737,37 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 6 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $P_u = 2093,18$ kg

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{2665,14}{1737,37} = 1,53 \text{ bh (dipasang 4 bh)}$$

Sambungan Siku Dengan Badan Balok Tangga

Sambungan ini merupakan sambungan geser murni karena beban P_u bekerja tepat pada bidang geser baut.

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{boul} \cdot m \rightarrow \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 41)} \\ \phi_{boul} &= 12 \text{ mm (} A_{boul} = 1,13 \text{ cm}^2 \text{)} \\ m &= 2 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 3474,75 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai } t_p = 5 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 4100 \\ &= 4428 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut akibat gaya geser $P_u = 2093,18 \text{ kg}$

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{2665,14}{3474,74} = 0,76 \text{ bh (dipasang 2 bh)}$$

Kontrol Siku Penyambung

Dipakai siku penyambung 60.60.6

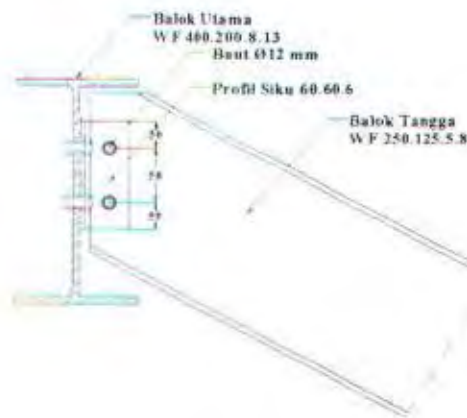
$\phi_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$ (lubang dibuat dengan bor)

$$= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} t_1 = (L - n \phi_{\text{lubang}}) t_1 = (15 - 2 \cdot 1,35 \text{ cm}) 0,6 \text{ cm} \\ = 7,38 \text{ cm}^2$$

Siku ditinjau satu sisi sehingga gaya $= \frac{1}{2} P_u = 1332,57 \text{ kg}$

$$\phi P_n = \phi (0,6 f_u A_{nv}) \\ = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \cdot 7,38 \text{ cm}^2 \\ = 16339,32 \text{ kg} > P_u = 1046,59 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{OK})$$



Gambar 4.14 Sambungan Balok Tangga dan Balok Utama

4.5.4 Sambungan Kolom Dengan Kolom

Sambungan antara kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 4 K158 dengan menggunakan baut $\phi 19 \text{ mm}$ ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$). Gaya – gaya yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned} P_u &= 132443,06 && \text{kg} \\ M_{ux} &= 56365 && \text{kg.cm} \\ M_{uy} &= 349485 && \text{kg.cm} \\ V_{ux} &= 329,12 && \text{kg} \end{aligned}$$

$$V_{uy} = 2220,75 \quad \text{kg}$$

Kontrol Kuat Geser Pada End Plate

a. Kuat geser

$$V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{bout}} \cdot m \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} r_l &= 0,5 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ 50)} \\ \phi_{\text{bout}} &= 19 \text{ mm} (A_{\text{bout}} = 2,84 \text{ cm}^2) \\ m &= 2 \text{ sisi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 4100 \cdot 2,84 \cdot 2 \\ &= 8733 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

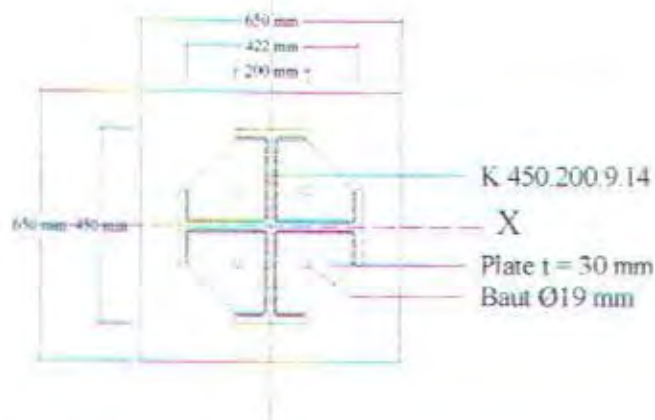
b. Kuat tumpu

$$\begin{aligned} R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \text{ (tebal plat dipakai sayap kolom } t_p = 7 \text{ mm)} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 9815,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{V_n} = \frac{2220,75}{8733} \approx 0,25 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah supaya simetris γ



Gambar 4.15 Sambungan las pada kolom dan end plate

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang terarsir sehingga didapatkan :

$$A_{\text{las}} = ((4 \cdot 20) + (4 \cdot 42,2)) \cdot 1 \text{ cm} = 248,8 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 1^3 + 1 \cdot 20 \cdot 21,1^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 42,2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 42,2 \cdot 0,5^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 42,2^3 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 20^3 \right) \right]$$

$$= 31698,43 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 20,1^3 + 1 \cdot 20,1 \cdot 21,1^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 212,1^3 + 1 \cdot 211,05^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 21,1^3 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 20^3 \right) \right]$$

$$= 31698,43 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{31698,43}{21,1} = 1502,30 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{y} = \frac{31698,43}{21,1} = 1502,30 \text{ cm}^3$$

$$f_{u \text{ las}} = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70XX} \cdot 1$$

$$= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{132443,06}{248,8} + \frac{56365}{1502,3} + \frac{349485}{1502,3}$$

$$= 802,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u \text{ las}}} \cdot 1 \text{ cm} = \frac{802,48}{2214,45} \cdot 1 = 0,36 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,36}{0,707} = 0,51 \text{ cm (a minimum)}$$

$$\text{Tebal minimal end plate} : t_{\text{plat}} = 30 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff}} = 1,41 \cdot \frac{f_u}{F_{E70XX}} \cdot t_{\text{plat}} = 1,41 \cdot \frac{4100}{70 \cdot 70,3} \cdot 3,0$$

$$= 3,54 \text{ cm}$$

Jadi dipakai las dengan $a = 1,00 \text{ cm}$

Kontrol Kuat Geser Pada Sayap

$$T_u = M_{uy} / d$$

$$= 349485 / 45 = 7766,33 \text{ kg}$$

$$V_{u \text{ ki}} = \frac{1}{4} \cdot 132443,06 \text{ kg} - 7766,33 \text{ kg} = 25344,44 \text{ kg}$$

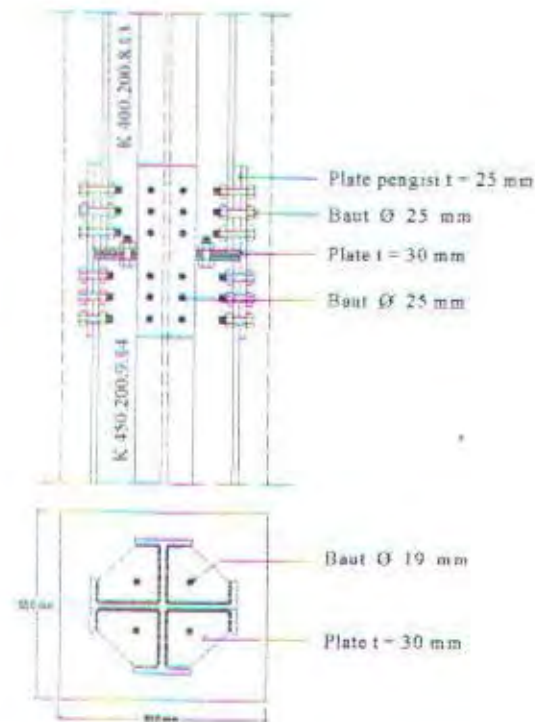
$$V_{u \text{ ka}} = \frac{1}{4} \cdot 132443,06 \text{ kg} + 7766,33 \text{ kg} = 40877,10 \text{ kg}$$

Desain sambungan pada sayap kolom menggunakan $Vu_{ka} = 40877,10 \text{ kg}$

Dan diameter baut adalah 25 mm

$$n = Vu_{ka} / Vn_{geser}$$

$$= 40877,10 / 8733 = 4,68 \text{ baut} \approx \text{dipasang 6 baut}$$



Gambar 4.16 Sambungan kolom dengan kolom

4.5.5 Disain Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan fixed base plate dari Catalog PT Gunung Garuda untuk profil K 450.200.9.14 dengan data-data sebagai berikut :

- No. Part = BMK-12
- $H = 65 \text{ cm}$
- $B = 65 \text{ cm}$
- $t_p = 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm}$

Dari Output SAP2000 frame didapat gaya-gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

$$P_u = 227500,54 \text{ kg}$$

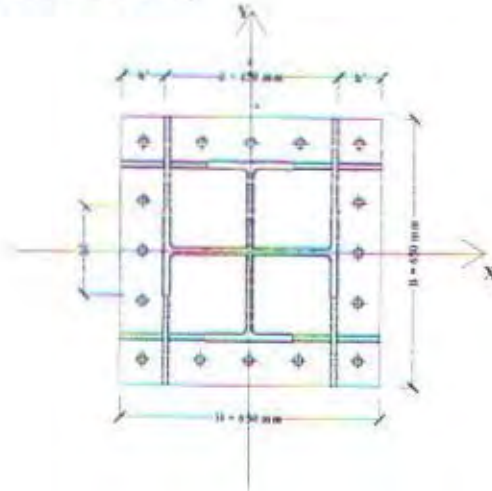
$$M_{ux} = 205133 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = 8738 \text{ kgcm}$$

$$H_{ux} = 122,01 \quad \text{kg}$$

$$H_{uy} = 1986,31 \quad \text{kg}$$

Sambungan Las pada Base Plate



Gambar 4.17 Sambungan Las pada Base Plate

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang terarsir sehingga didapatkan :

$$A_{las} = ((4 \cdot 20) + (4 \cdot 42,2)) \cdot 1 \text{ cm} = 248,8 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 1^3 + 1 \cdot 20 \cdot 21,1^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 42,2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 42,2 \cdot 0,5^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 42,2^3 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 20^3 \right) \right] \\ &= 31698,43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 1^3 + 1 \cdot 20 \cdot 21,1^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 21,1 \cdot 1^3 + 1 \cdot 21,1 \cdot 0,5^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 21,1^3 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 20^3 \right) \right] \\ &= 31698,43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{31698,43}{21,1} = 1502,30 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{y} = \frac{31698,43}{21,1} = 1502,30 \text{ cm}^3$$

$$f_u_{las} = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot 1$$

$$= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{227500,54}{248,8} + \frac{205133}{1502,30} + \frac{8738}{1502,30}$$

$$= 1056,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} \cdot 1 \text{ cm} = \frac{1056,75}{2214,45} \cdot 1 = 0,48 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,48}{0,707} = 0,68 \text{ cm (a minimum)}$$

Syarat-syarat tebal kaki las :

Tebal minimum : $t_{plat} = 44 \text{ mm}$

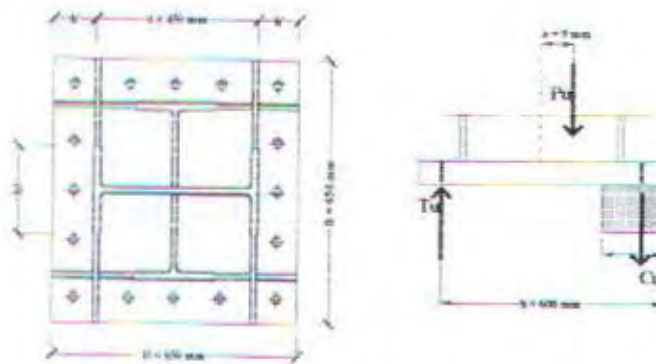
$$a_{eff maks} = 1,41 \frac{f_u}{f_{E70XX}} t_{plat}$$

$$= 1,41 \frac{4100}{70 \times 70,3} 4,4$$

$$= 5,16 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 1,00 \text{ cm}$.

Perhitungan Base Plate



Gambar 4.18 Desain base plate

$$e = \frac{M_{ax}}{P_u} = \frac{205133}{227500,54} = 0,90 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{65}{6} = 10,83 \text{ cm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$h' = (650 - 450)/2 = 100 \text{ mm}$$

$$h = H - 0,5h' = 650 - 0,5 \cdot 100 = 600 \text{ mm}$$

$$B = 650 \text{ mm}$$

$$f_{cu}' = 0,85 \cdot f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 \cdot 250 \cdot 1 = 21,25 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal plat baja : } t_f &\geq h' \sqrt{\frac{1,333 \cdot f_{cu}' \cdot Bm}{f_y \cdot B}} \\ &\geq 100 \sqrt{\frac{1,333 \cdot 21,25 \cdot 650}{250 \cdot 650}} \\ &\geq 33,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka *base plate* dengan ukuran 65 cm x 65 cm dengan $t_p = 44 \text{ mm}$ dapat digunakan sebagai alas kolom K 450.200.9.14

Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur $\varnothing 40 \text{ mm}$ dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 f_{ub} (0,5 A_b) \\ &= 0,75 \cdot 5000 \cdot (0,5 \cdot (1/4 \pi \cdot 4,0^2)) \\ &= 23561,94 \text{ kg} = 235619,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u(2h - H) + 2M_u}{0,6 f_{cu}' B}} \\ &= 600 - \sqrt{600^2 - \frac{2275005,4 \cdot (2 \cdot 600 - 650) + (2 \times 20513300)}{0,6 \cdot 21,25 \cdot 650}} \\ &= 198,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_u = P_u - (\phi_c f_{cu}' \cdot B \cdot a) = 2275005,4 - (0,6 \cdot 21,25 \cdot 650 \cdot 198,26) = 631925,65 \text{ N}$$

$$\phi R_n \geq \frac{2T_u + C_v V_u}{n} \text{ di mana } C_v = 1,25$$

$$235619,4 \geq \frac{(2 \cdot 631925,65) + (1,25 \cdot 198631)}{n}$$

$$n \geq 5,4$$

Jumlah baut angkur pada kolom dipasang 6 buah baut angkur $\varnothing 40 \text{ mm}$

Panjang Baut Angkur

$$\overline{\tau_b} = 15 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_u = 631925,65 \text{ N} = 63192,565 \text{ kg}$$

$$L_d = \frac{(T_u / n)}{\pi \cdot \overline{\tau_b} \cdot \phi_{\text{baut}}} = \frac{(63192,565 / 6)}{\pi \cdot 15 \cdot 4} = 55,90 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Panjang angkur baut dipakai $L_d = 60 \text{ cm}$

BAB V

PERENCANAAN PONDASI

Cipta Karya
(021) 5941526

BAB V

PERENCANAAN PONDASI

5.1 Pondasi Tiang Pancang

5.1.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dan survey jenis pondasi bangunan disekitar lokasi proyek Gedung Perkantoran Jl. Panglima Sudirman 7 Surabaya ini, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Daya dukung vertikal tiang dihitung berdasarkan kombinasi tahanan gesekan (*friction*) dan tahanan ujung (*end bearing*). Data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil boring (Testana Engineering, Inc).

Adapun perumusan Daya Dukung Ultimate pada sebuah pondasi adalah :

$$Q_{sp} = \frac{A_{tp} \times C_n}{3} + \frac{\theta \times JHP}{5}$$

Di mana :

Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (kg)

A_{tp} = Luas penampang tiang (cm^2)

C_n = Nilai Conus (kg/cm^2)

θ = Keliling tiang (cm)

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm^2)

5.1.2 Perencanaan Tiang Pancang Kelompok (Pile Group) Eksterior

Data Perencanaan

Kedalaman Tiang pancang	= 24 m
Diameter (D)	= 30 cm
Panjang Tiang pancang	= 24 m
Luas penampang tiang (A_{tp})	= $706,5 \text{ cm}^2$
Keliling tiang (θ)	= 94,2 cm
Mutu beton (f_c')	= 25 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
Tegangan beton (f_{ct})	= $0,45 f_c' = 11,25 \text{ Mpa}$
Nilai Conus	= rata – rata 4D keatas dan 4D kebawah

Kedalaman (m)	Qc (Kg/m ²)
22,8	100
23,0	120
23,2	160
23,4	200
23,6	250
23,8	260
24,0	260
24,2	260
24,4	260
24,6	260
24,8	260
25,0	260
25,2	260

Tabel 5.1 : Nilai Conus pada masing – masing kedalaman

$$\text{Nilai } \sum Q_c = 2910 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai Conus rata – rata} = \frac{2910}{13} = 223,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai JHP pada kedalaman 24 m} = 700 \text{ kg/cm}^2$$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Kemampuan Tiang Pancang

Berdasarkan Kekuatan bahan

$$Q_{\text{tiang}} = 72600 \text{ kg}$$

Berdasarkan kekuatan tanah

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{tiang}} &= \frac{A_{\text{tp}} \times C_n}{3} + \frac{\theta \times JHP}{5} \\
 &= \frac{706,5 \times 223,85}{3} + \frac{194,2 \times 700}{5} \\
 &= 65904,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kemampuan tiang ditentukan berdasarkan kekuatan tanah yaitu 65904,68 kg

Perencanaan Tiang Pancang Kelompok (Pile Group)

Dari hasil analisa SAP 2000 pada as D1 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$\text{Axial} \quad : \quad P = 138093,84 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} \quad : \quad M_x = 2885,55 \text{ kg-m} \quad M_y = 920,08 \text{ kg-m}$$

$$\text{Gaya Horisontal} \quad : \quad H_x = 645,80 \text{ kg} \quad H_y = 1687,67 \text{ kg}$$

Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} \quad : \quad 1,75 \times 1,75 \times 0,9 \times 2400 = 6615 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sloof} \quad : \quad 0,3 \times 0,5 \times 6,25 \times 2400 = 2250 \text{ kg}$$

$$\text{B. aksial kolom} \quad : \quad = 138093,84 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 146958,84 \text{ kg}$$

Perkiraan kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} = \frac{146958,84}{65904,68} = 2,23 \approx 4 \text{ buah}$$

Perhitungan jarak tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Dept. PU

$$2,5 D \leq S \leq 3 D \quad \text{dimana: } S = \text{jarak antar tiang pancang}$$

$$2,5.30 \leq S \leq 3.30 \quad S_1 = \text{jarak tiang pancang ke tepi}$$

$$75 \leq S \leq 90$$

Dipakai $S = 75 \text{ cm}$

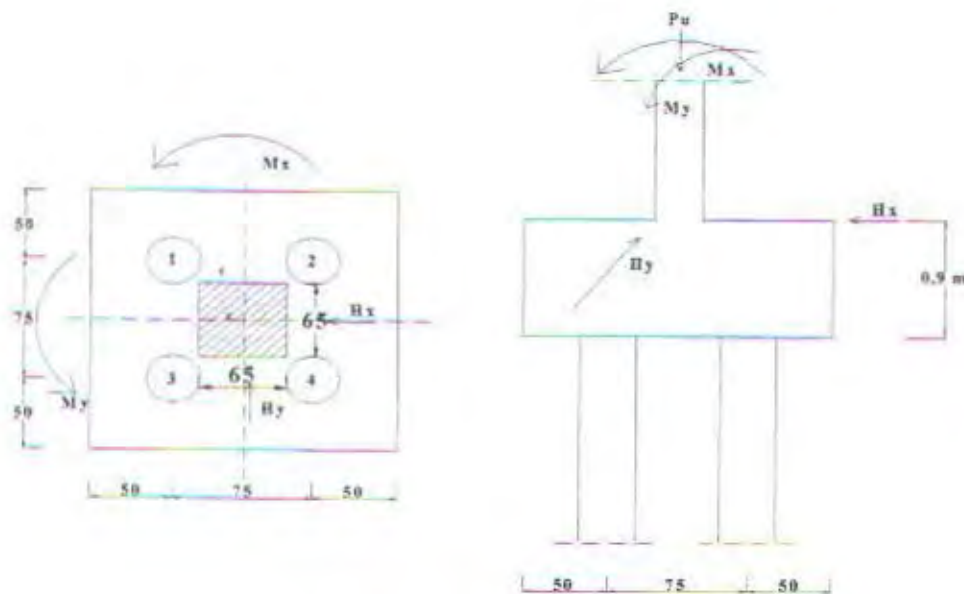
Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5.30 \leq S_1 \leq 2.30$$

$$45 \leq S_1 \leq 60$$

Dipakai $S_1 = 50 \text{ cm}$



Gambar 3.1 Gambar Perletakan Tiang Pancang

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 kolom = 2

n = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 2

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi : } (\eta) &= 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{300}{750} \right) \left(\frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.2.2} \right) \right\} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga Qijin} = 0,75 \cdot 65904,68 = 49428,51 \text{ kg}$$

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer :

$$M_x = 2885,55 + 645,80 \cdot 0,9 = 3466,77 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 920,08 + 1687,67 \cdot 0,9 = 2438,98 \text{ kg-m}$$

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

- P_i = beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau
- $\sum V$ = gaya tekan aksial yang bekerja
- Y_i = jarak tiang yang ditinjau ke sumbu y
- x_i = jarak tiang yang ditinjau ke sumbu x
- $\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang ke sumbu x
- $\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang ke sumbu y

$$\sum x_i^2 = 4 \cdot (0,375)^2 = 0,5625 \text{ m}^2$$

$$\sum y_i^2 = 4 \cdot (0,375)^2 = 0,5625 \text{ m}^2$$

Beban maksimal yang diterima 1 tiang pancang :

$$P = \frac{138093,84}{4} + \frac{3466,77 \cdot 0,375}{0,5625} + \frac{2438,98 \cdot 0,375}{0,5625} = 38460,63 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimal yang diterima 1 tiang adalah 38460,63 kg

$$P_{\text{maks}} = 38460,63 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 49428,51 \text{ kg}$$

5.1.2.1 Penulangan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer (B x L) = 175 x 175 cm
- Tebal poer (t) = 900 mm
- Diameter tulangan utama = D32 mm
- Diameter tulangan sengkang = D32 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm
- Tinggi efektif balok poer

$$\text{Arah } x (d_x) = 900 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 32 = 784 \text{ mm}$$

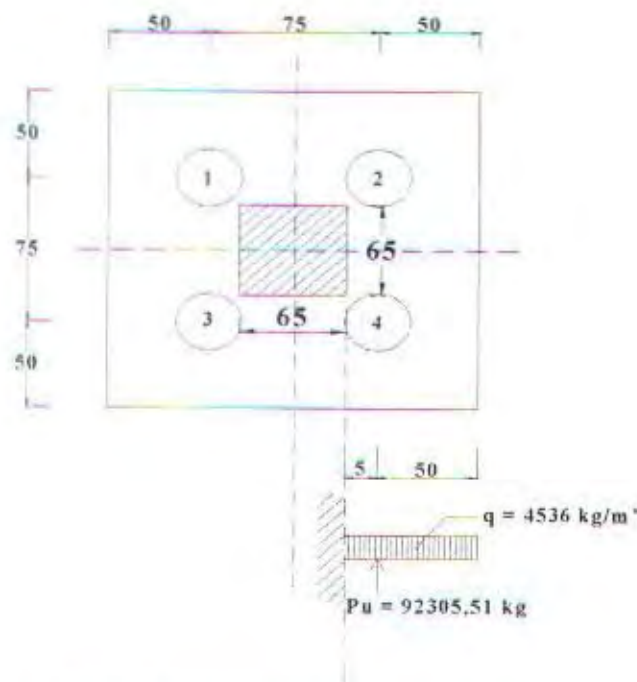
$$\text{Arah } y (d_y) = 900 - 100 - 32 - \frac{1}{2} \cdot 32 = 752 \text{ mm}$$

Penulangan arah x

$$\text{Berat poer (} q_u \text{)} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,75 \cdot 2400 = 4536 \text{ kg/m'}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times P = 2 \times 38460,63 = 76921,26 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2 \cdot 76921,26 = 92305,51 \text{ kg}$$



Gambar 5.2 Pembebanan poer (pada arah X)

Momen yang bekerja pada poer

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot (L^2) \\ &= 92305,51 \cdot 0,05 - \frac{1}{2} \cdot 4536 \cdot (0,55^2) \\ &= 3929,21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{9766,93}{0,8} = 12208,66 \text{ kgm} = 122086600 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{49115100}{1000 \cdot 784^2} = 0,08 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,08}{400}} \right) = 0,0002$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} \dots \dots \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 784 = 2744 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 250 mm ($A_s = 3215,36 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 \cdot 2744 = 1372 \text{ mm}^2$$

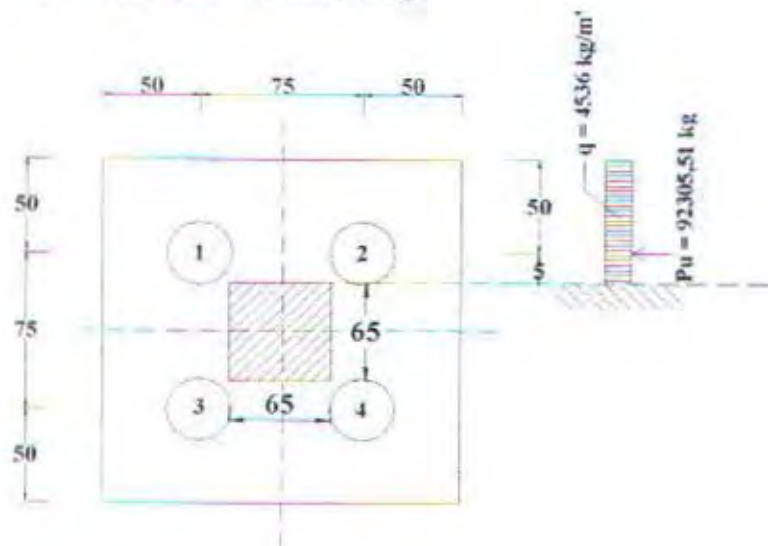
Dipakai tulangan D 32 – 500 mm ($A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y

$$\text{Berat poer (} q_u \text{)} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,75 \cdot 2400 = 4536 \text{ kg/m'}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times P = 2 \times 38460,63 = 76921,26 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2 \cdot 76921,26 = 92305,51 \text{ kg}$$



Gambar 5.3 Pembebanan poer (pada arah Y)

Momen yang bekerja pada poer

$$\begin{aligned} Mu &= Pu \cdot x - \frac{1}{2} \cdot qu \cdot (L^2) \\ &= 92305,51 \cdot 0,05 - \frac{1}{2} \cdot 4536 \cdot (0,55^2) \\ &= 3929,21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{3929,21}{0,8} = 4911,51 \text{ kgm} = 49115100 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{49115100}{1000 \cdot 784^2} = 0,09 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,09}{400}} \right) = 0,0002$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} \dots \dots \text{dipakai } \rho_{\min} = 0,0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 752 = 2632 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 250 mm ($As = 3215,36 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As' = 0,5 \cdot As = 0,5 \cdot 2632 = 1316 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 500 mm ($As = 1607,68 \text{ mm}^2$)

5.1.2.2 Perhitungan tulangan geser

$$Vu = Pu - qu \cdot L = 92305,51 \text{ kg} - (4536 \cdot 0,55) = 89810,71 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 1750 \cdot 752 = 658000 \text{ kg}$$

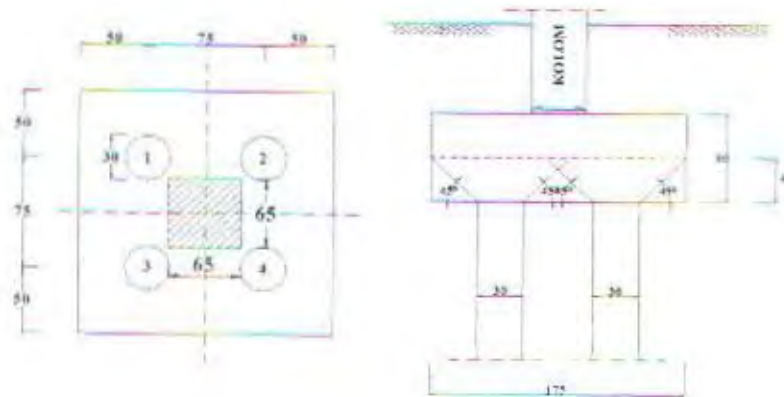
$\phi V_c > Vu \dots \dots \text{tidak perlu tulangan geser}$

5.1.2.3 Kontrol Geser Ponds

Akibat dari tiang pancang :

$$\beta_c = \text{rasio panjang dan pendek ukuran tiang} = 30/30 = 1$$

$$b_o = \text{keliling kritis} = \pi \cdot D_{\text{kritis}} = \pi \cdot 90 \text{ cm} = 282,6 \text{ cm} = 2826 \text{ mm}$$



Gambar 5.4 Geser ponds akibat dari tiang pancang

$$\begin{aligned} V_c &= \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= \left[1 + \frac{2}{1} \right] \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 2826 \cdot 784 = 5538960 \text{ N} \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$\begin{aligned} V_c &= 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot \beta_c \\ &= 1/3 \cdot \sqrt{25} \cdot 2826 \cdot 784 \cdot 1 \\ &= 3692640 \text{ N} \dots \dots \dots \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{P_u \text{ maks}}{\Phi} = \frac{38460,63}{0,6} = 64101,05 \text{ kg} = 641010,5 \text{ N}$$

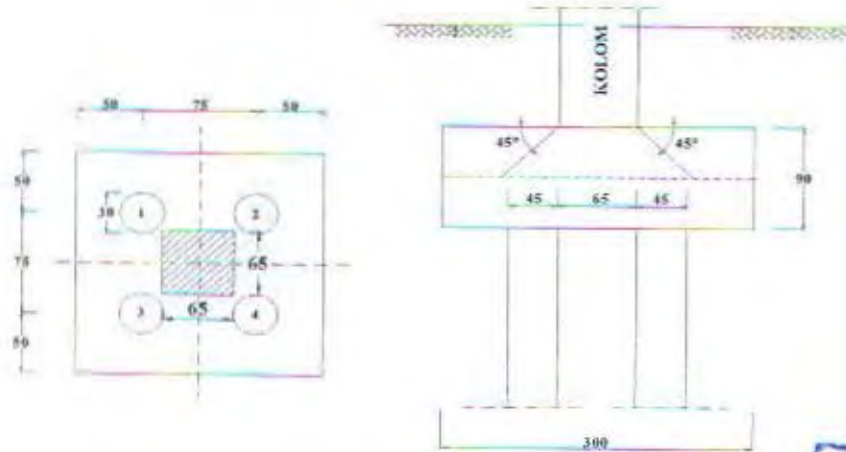
$$V_n < V_c$$

Sehingga tulangan geser ponds tidak diperlukan.

Akibat dari kolom :

β_e = rasio panjang dan pendek ukuran tiang = $65/65 = 1$

b_o = keliling kritis = $2 \cdot (650 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) = 2600 \text{ mm}$



Gambar 5.5 Geser pons akibat dari kolom

$$V_c = \left[1 + \frac{2}{\beta_e} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \left[1 + \frac{2}{1} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 2600 \cdot 784 = 5096000 \text{ N}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot \beta_e$$

$$= 1/3 \cdot \sqrt{25} \cdot 2600 \cdot 784 \cdot 1$$

$$= 3397333,33 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{menentukan})$$

$$V_n = \frac{P_u \text{ kolom} - 4 \cdot P_{\text{maks}}}{\Phi} = \frac{138093,84 - 4 \cdot 38460,63}{0,6} < 0$$

$$V_n < V_c$$

Sehingga tulangan geser pons tidak diperlukan.



5.1.3 Perencanaan Tiang Pancang Kelompok (Pile Group) Interior

Data Perencanaan

Kedalaman Tiang pancang	= 24 m
Diameter (D)	= 30 cm
Panjang Tiang pancang	= 24 m
Luas penampang tiang (A_{tp})	= 706,5 cm ²
Keliling tiang (θ)	= 94,2 cm
Mutu beton (f_c')	= 25 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
Tegangan beton (f_{ct})	= 0,45 $f_c' = 11,25$ Mpa
Nilai Conus	= rata – rata 4D keatas dan 4D kebawah

Kedalaman (m)	Qc (Kg/m ²)
22,8	100
23,0	120
23,2	160
23,4	200
23,6	250
23,8	260
24,0	260
24,2	260
24,4	260
24,6	260
24,8	260
25,0	260
25,2	260

Tabel 5.2 : Nilai Conus pada masing – masing kedalaman

$$\text{Nilai } \sum Q_c = 2910 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai Conus rata – rata} = \frac{2910}{13} = 223,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai JHP pada kedalaman 24 m} = 700 \text{ kg/cm}^2$$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Kemampuan Tiang Pancang

Berdasarkan Kekuatan bahan

$$Q_{\text{tiang}} = 72600 \text{ kg}$$

Berdasarkan kekuatan tanah

$$\begin{aligned} Q_{\text{tiang}} &= \frac{A_{\text{tp}} \times C_n}{3} + \frac{\alpha \times JHP}{5} \\ &= \frac{706,5 \times 223,85}{3} + \frac{194,2 \times 700}{5} \\ &= 65904,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemampuan tiang ditentukan berdasarkan kekuatan tanah yaitu 65904,68 kg

Perencanaan Tiang Pancang Kelompok (Pile Group)

Dari hasil analisa SAP 2000 pada as B4 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$\text{Axial} \quad ; \quad P = 182036,95 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} \quad ; \quad M_x = 3055,52 \text{ kg-m} \quad M_y = 380,69 \text{ kg-m}$$

$$\text{Gaya Horisontal} \quad ; \quad H_x = 178,25 \text{ kg} \quad H_y = 1543,76 \text{ kg}$$

Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} \quad ; \quad 2,00 \times 2,00 \times 0,9 \times 2400 = 8640 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sloof} \quad ; \quad 0,3 \times 0,5 \times 6,25 \times 2400 = 2250 \text{ kg}$$

$$\text{B. aksial kolom} \quad ; \quad = 182036,95 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 192926,95 \text{ kg}$$

Perkiraan kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{192926,95}{65904,68} = 2,93 \approx 4 \text{ buah}$$

Perhitungan jarak tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Dept. PU

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

dimana: S = jarak antar tiang pancang

$$2,5.30 \leq S \leq 3.30$$

S₁ = jarak tiang pancang ke tepi

$$75 \leq S \leq 90$$

Dipakai S = 90 cm

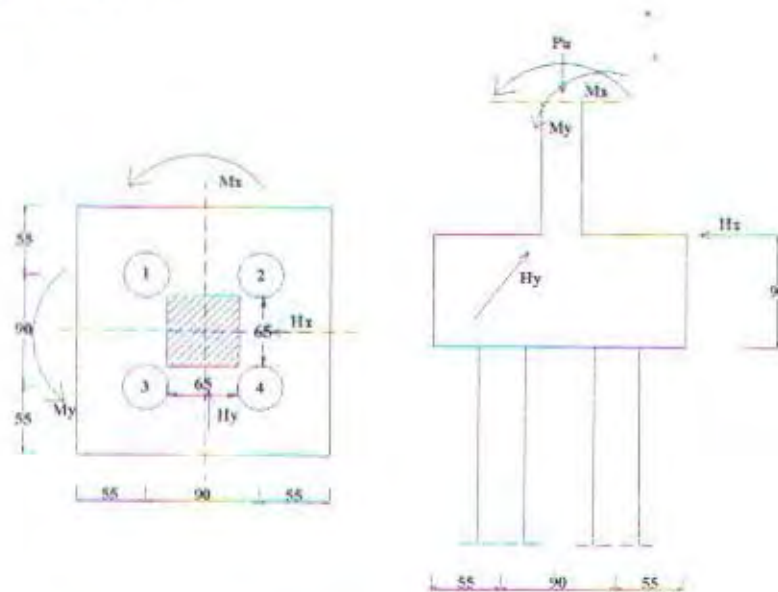
Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5.30 \leq S_1 \leq 2.30$$

$$45 \leq S_1 \leq 60$$

Dipakai $S_1 = 55 \text{ cm}$



Gambar 5.6 Gambar Perletakan Tiang Pancang

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 kolom = 2

n = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 2

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi : } (\eta) &= 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{300}{750} \right) \left(\frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.2.2} \right) \right\} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Sehingga Qijin = $0,75. 65904,68 = 49428,51 \text{ kg}$

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer :

$$M_x = 3055,52 + 178,25 \cdot 0,9 = 3215,95 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 380,69 + 1543,76 \cdot 0,9 = 1770,07 \text{ kg-m}$$

$$P_i = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Dimana :

P_i = beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

ΣV = gaya tekan aksial yang bekerja

Y_i = jarak tiang yang ditinjau ke sumbu y

x_i = jarak tiang yang ditinjau ke sumbu x

Σx_i^2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang ke sumbu x

Σy_i^2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang ke sumbu y

$$\Sigma x_i^2 = 4 \cdot (0,45)^2 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y_i^2 = 4 \cdot (0,45)^2 = 0,81 \text{ m}^2$$

Beban maksimal yang diterima 1 tiang pancang :

$$P = \frac{182036,95}{4} + \frac{3215,95 \cdot 0,45}{0,81} + \frac{1770,07 \cdot 0,45}{0,81} = 48279,25 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimal yang diterima 1 tiang adalah 48279,25 kg

$$P_{\text{maks}} = 48279,25 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 49428,51 \text{ kg}$$

5.1.3.1 Penulangan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer (B x L) = 200 x 200 cm
- Tebal poer (t) = 900 mm
- Diameter tulangan utama = D32 mm
- Diameter tulangan sengkang = D32 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm

- Tinggi efektif balok poer

$$\text{Arah } x (d_x) = 900 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 32 = 784 \text{ mm}$$

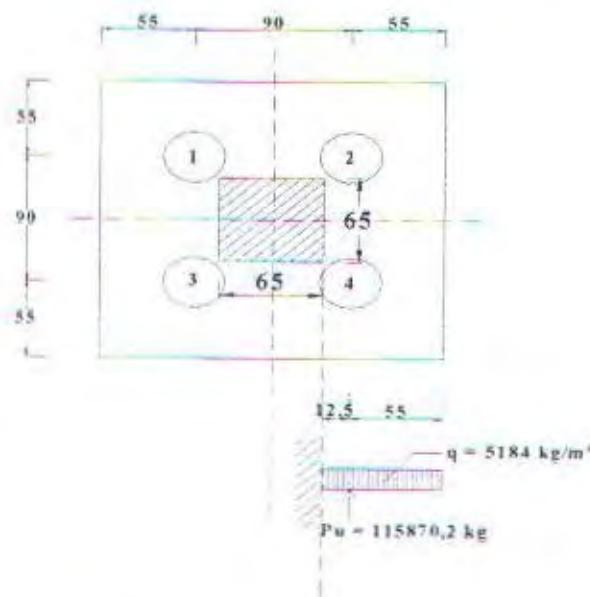
$$\text{Arah } y (d_y) = 900 - 100 - 32 - \frac{1}{2} \cdot 32 = 752 \text{ mm}$$

Penulangan arah x

$$\text{Berat poer (} q_u \text{)} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,00 \cdot 2400 = 5184 \text{ kg/m'}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times P_{\text{maks}} = 2 \times 48279,25 = 96558,5 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2 \cdot 96558,5 = 115870,2 \text{ kg}$$



Gambar 5.7 Pembebanan poer (pada arah X)

Momen yang bekerja pada poer

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot (L^2) \\ &= 115870,2 \cdot 0,125 - \frac{1}{2} \cdot 5184 \cdot (0,675^2) \\ &= 13302,80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{13302,80}{0,8} = 16628,49 \text{ kgm} = 166284900 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{166284900}{1000 \cdot 784^2} = 0,271 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,274}{400}} \right) = 0,0007$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} \dots\dots \text{dipakai } \rho_{\min} = 0,0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 784 = 2744 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 250 mm ($A_s = 3215,36 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 \cdot 2744 = 1372 \text{ mm}^2$$

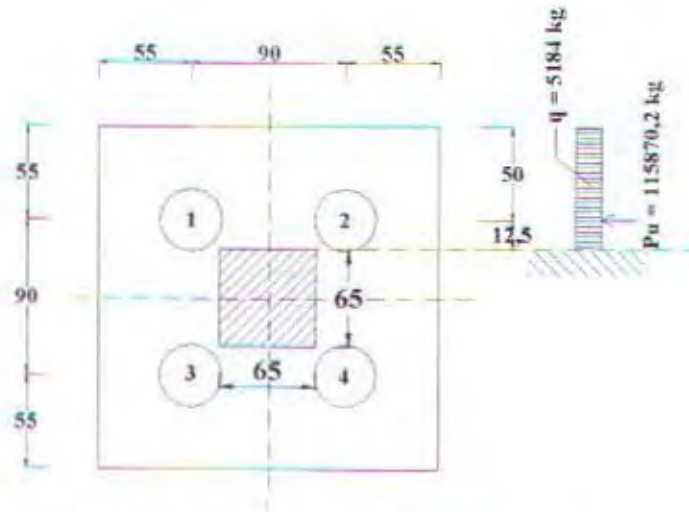
Dipakai tulangan D 32 – 500 mm ($A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y

$$\text{Berat poer (} q_u \text{)} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,00 \cdot 2400 = 5184 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times P_{\text{maks}} = 2 \times 48279,25 = 96558,5 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2 \cdot 96558,5 = 115870,2 \text{ kg}$$



Gambar 5.8 Pembebanan poer (pada arah Y)

Momen yang bekerja pada poer

$$\begin{aligned} Mu &= Pu \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot (L^2) \\ &= 115870,2 \cdot 0,125 - \frac{1}{2} \cdot 5184 \cdot (0,675^2) \\ &= 13302,80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{13302,80}{0,8} = 16628,49 \text{ kgm} = 166284900 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{166284900}{1000 \cdot 752^2} = 0,294 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,294}{400}} \right) = 0,0007$$

$$\rho_{min} > \rho_{perlu} \dots \dots \text{dipakai } \rho_{min} = 0,0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 752 = 2744 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 250 mm ($A_s = 3215,36 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 \cdot 2744 = 1372 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D 32 – 500 mm ($A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$)

5.1.3.2 Perhitungan tulangan geser

$$V_u = P_u - q_u \cdot L = 115870,2 \text{ kg} - (5184 \cdot 0,675) = 112371 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 2000 \cdot 752 = 752000 \text{ kg}$$

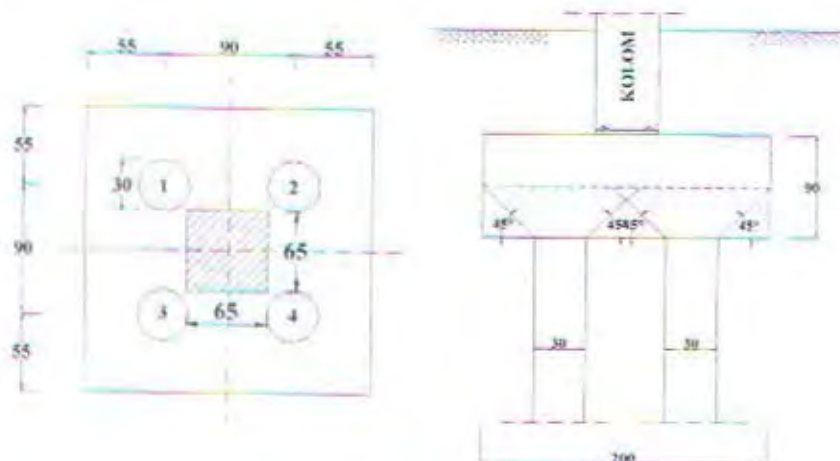
$\phi V_c > V_u$tidak perlu tulangan geser

5.1.3.3 Kontrol Geser Ponds

Akibat dari tiang pancang :

$$\beta_e = \text{rasio panjang dan pendek ukuran tiang} = 30/30 = 1$$

$$b_o = \text{keliling kritis} = \pi \cdot D_{\text{kritis}} = \pi \cdot 90 \text{ cm} = 282,6 \text{ cm} = 2826 \text{ mm}$$



Gambar 5.9 Geser ponds akibat dari tiang pancang

$$V_c = \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \left[1 + \frac{2}{1} \right] \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 2826,784 = 5538960 \text{ N}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot \beta_c$$

$$= 1/3 \cdot \sqrt{25} \cdot 2826,784 \cdot 1$$

$$= 2279640 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{menentukan})$$

$$V_n = \frac{P_u \text{ maks}}{\Phi} = \frac{48279,25}{0,6} = 80465,42 \text{ kg} = 804654,2 \text{ N}$$

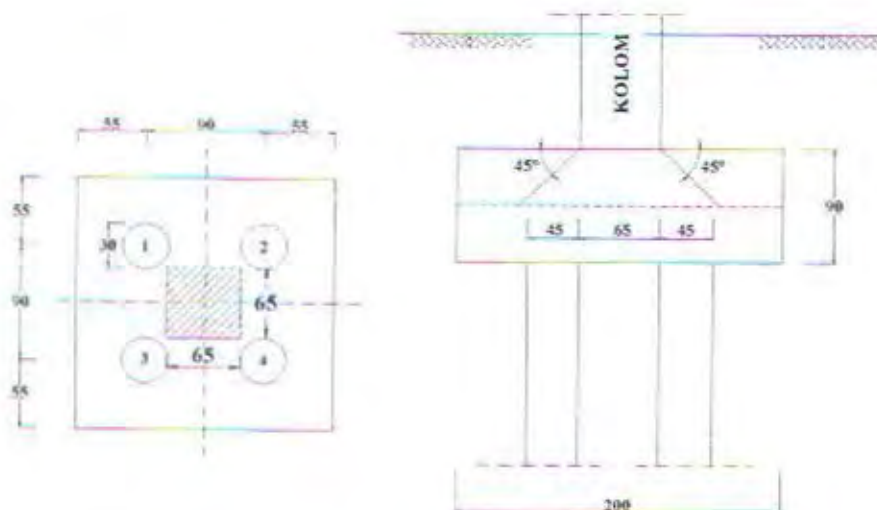
$$V_n < V_c$$

Sehingga tulangan geser ponds tidak diperlukan.

Akibat dari kolom :

$$\beta_c = \text{rasio panjang dan pendek ukuran tiang} = 65/65 = 1$$

$$b_o = \text{keliling kritis} = 2 \cdot (650 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) = 2600 \text{ mm}$$



Gambar 5.10 Geser ponds akibat dari kolom

$$V_c = \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \left[1 + \frac{2}{1} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 2600 \cdot 784 = 5096000 \text{ N}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot \beta_c$$

$$= 1/3 \cdot \sqrt{25} \cdot 2600 \cdot 784 \cdot 1$$

$$= 3397333,33 \text{ N} \dots \dots \dots \text{ (menentukan)}$$

$$V_n = \frac{P_u \text{ kolom} - 4 \cdot P_{\text{maks}}}{\Phi} = \frac{182036,95 - 4 \cdot 48279,25}{0,6} < 0$$

$$V_n < V_c$$

Sehingga tulangan geser ponds tidak diperlukan.

5.2 Perencanaan Sloof Pondasi

Perencanaan sloof pada contoh pertemuan poer as D1 dengan C1 (portal melintang)

Data – data perencanaan :

- Dimensi sloof : $b = 300 \text{ mm}$
 $h = 500 \text{ mm}$
 $A_g = 150.000 \text{ mm}^2$
- Mutu bahan : $f_c' = 25 \text{ MPa}$
 $f_{y, \text{ tul. utama}} = 400 \text{ MPa}$
 $f_{y, \text{ tul. sengkang}} = 240 \text{ MPa}$
- Selimut Beton = 50 mm
- Tulangan utama = D22
- Tulangan sengkang = $\emptyset 10$
- Tinggi efektif (d) = $500 - (50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22) = 429 \text{ mm}$

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{- Berat sendiri sloof} = 1,2 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 432 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 1,2 \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 250 \text{ kg/m}^2 = 1080 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1512 \text{ kg/m}$$

Panjang sloof = panjang bentang – lebar poer

$$= 6,25 - 1,75 = 4,50 \text{ m}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 1/12 q_u L^2$$

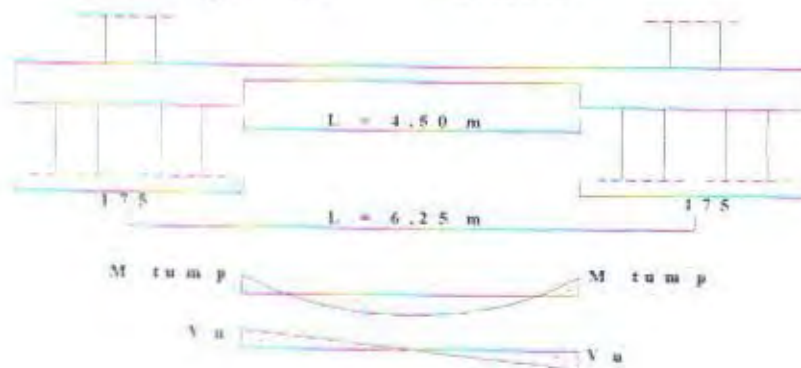
$$= 1/12 \cdot 1512 \text{ kg/m} \cdot 4,50^2 = 2551,5 \text{ kg-m} = 25515000 \text{ N-mm}$$

$$M_{u \text{ lapangan}} = 1/2 M_{u \text{ tumpuan}}$$

$$= 1/24 \cdot 1512 \text{ kg/m} \cdot 4,50^2 = 1275,75 \text{ kg-m} = 12757500 \text{ N-mm}$$

$$D(V_u) = 1/2 q_u L$$

$$= 1/2 \cdot 1512 \text{ kg/m} \cdot 4,50 = 34050 \text{ N}$$



Gambar 5.11 Posisi perletakan sloof

5.2.1 Penulangan lentur pada sloof

$$P_u = 10\% P_{u \text{ kolom}}$$

$$= 10\% \cdot 138093,84 \text{ kg}$$

$$= 13809,384 \text{ kg}$$

$$= 138093,84 \text{ N}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{25515000 \text{ mm}}{138093,84 \text{ N}} = 184,77 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{\phi A_g 0,85 f'_c} = \frac{138093,84 \text{ N}}{0,65 \times 150000 \text{ mm}^2 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa}} = 0,067$$

$$\frac{P_u}{\phi A_g 0.85 f'_c} \left[\frac{e}{h} \right] = \frac{138093,84 \text{ N}}{0,65 \times 150000 \text{ mm}^2 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa}} \left[\frac{184,77}{500} \right] = 0,025$$

dari diagram interaksi CUR 4 didapat :

$$r = 0,01$$

$$\rho = r \cdot \beta = 0,01 \cdot 1,0 = 0,01$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tumpuan}} &= \rho b d \\ &= 0,01 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 429 \text{ mm} \\ &= 1287 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 6D22 ($A_s = 2281 \text{ mm}^2$).

5.2.2 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 34050 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= 2 \left(1 + \frac{34050 \text{ N}}{14 \times 150000 \text{ mm}^2} \right) \frac{1}{6} \sqrt{25 \text{ MPa}} \times 300 \text{ mm} \times 429 \text{ mm} \\ &= 217977,96 \text{ N} \end{aligned}$$

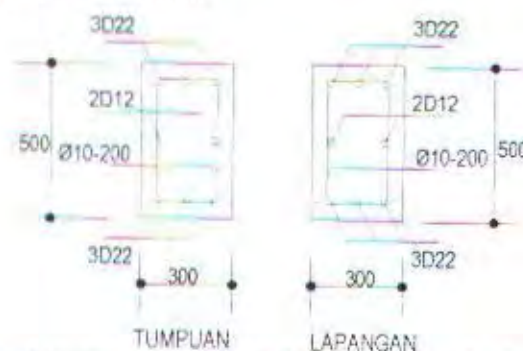
$$\phi V_c = 0,6 \cdot 217977,96 \text{ N} = 130786,78 \text{ N}$$

Karena $V_u < \phi V_c$ maka tidak diperlukan tulangan geser.

Dipakai tulangan geser praktis jarak maksimum

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = \frac{429}{2} = 214,5 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$.



Gambar 5.12 Penampang sloof daerah tumpuan dan lapangan

BAB VI

PENUTUP

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Dilakukan perhitungan struktur sekundernya terlebih dahulu seperti plat lantai, balok anak, dan tangga terhadap beban – beban yang bekerja baik beban hidup, mati maupun beban terpusat.
2. Analisa balok anak dihitung terhadap kontrol lendutan, kontrol penampang (*Local Buckling*), kontrol *Lateral Buckling*, dan kontrol geser.
3. Analisa struktur tangga dihitung dengan perhitungan mekanika teknik sederhana dengan asumsi sendi rol sendi. Asumsi sendi pada ujung-ujung plat tangga, sedangkan rol pada perletakan bordes.
4. Prinsip dasar bahwasannya struktur sekunder menjadi beban pada struktur utama, dan setelah itu dilakukan analisa struktur utama dengan bantuan program komputer SAP2000.
5. Gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur utamanya yaitu balok, dan kolom diperoleh dari output SAP2000.
6. Dilakukan kontrol terhadap balok utama dengan anggapan balok adalah balok baja dianggap sebagai struktur komposit dengan plat pada saat komposit. Di mana balok menerima beban dari struktur sekunder yang harus dilakukan kontrol yang meliputi, kontrol lendutan, kontrol penampang (*Local Buckling*), kontrol *Lateral Buckling*, dan kontrol geser.
7. Dilakukan kontrol kekuatan struktur kolom komposit yang meliputi kontrol luas minimum beton pada kolom komposit, perhitungan kuat tekan aksial kolom, perhitungan kuat lentur kolom, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
8. *Rigid connection* adalah tipe sambungan yang cocok untuk jenis bangunan baja seperti ini selain memiliki kekakuan yang lebih stabil juga dalam pelaksanaannya mudah dikerjakan

6.2 Saran

1. Pelaksanaan sistim komposit baja beton pada suatu struktur gedung harus dengan pengawasan yang ketat, agar di lapangan nantinya diharapkan hasil yang maksimal sesuai perhitungan yang ada.
2. Pelaksanaan bangunan komposit diharapkan akan menjadi solusi terbaik ketika bangunan beton telah banyak didirikan, karena pabrikan dari baja – baja ini diluar dari proyek maka waktu, tenaga dan biaya diharapkan lebih dapat dihemat.

DAFTAR PUSTAKA

Cipta Karya
1991, 1992, 1993

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, " *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 1726 – 2002)* "
- Charles G. Salmon, John E. Johnson, Jr. Wira, MS, C.E, *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Edisi Ketiga, Jakarta, 1996.
- Departemen Pekerjaan Umum, " *Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung SK SNI T-15-1991-03* ", DPU, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Penerbit Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, Bandung, 1983.
- Departemen Pekerjaan Umum, " *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung* ", DPU, 1987
- Jack C. McCormac, *Structural Steel Design*, Third Edition.
- Laboratorium Mekanika Struktur, Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Rekayasa, ITB, " *Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD* ", Bandung 2000.
- Load and Resistance Factor Design – L R F D, *Manual of Steel Construction*, 2nd. Ed, 1994.
- Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, Ir. L. Taulu dkk, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Cetakan Ketujuh, Jakarta, 2000.
- William T. Segui, *L R F D Steel Design*, Revised Printing. Ed, 1994.

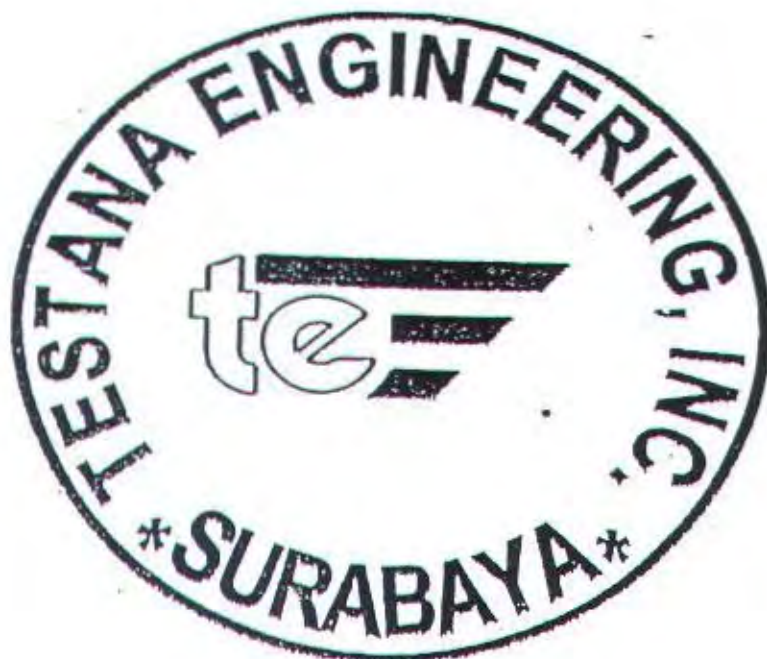
LAMPIRAN

Cipta Karya
Jalan Abadi 100

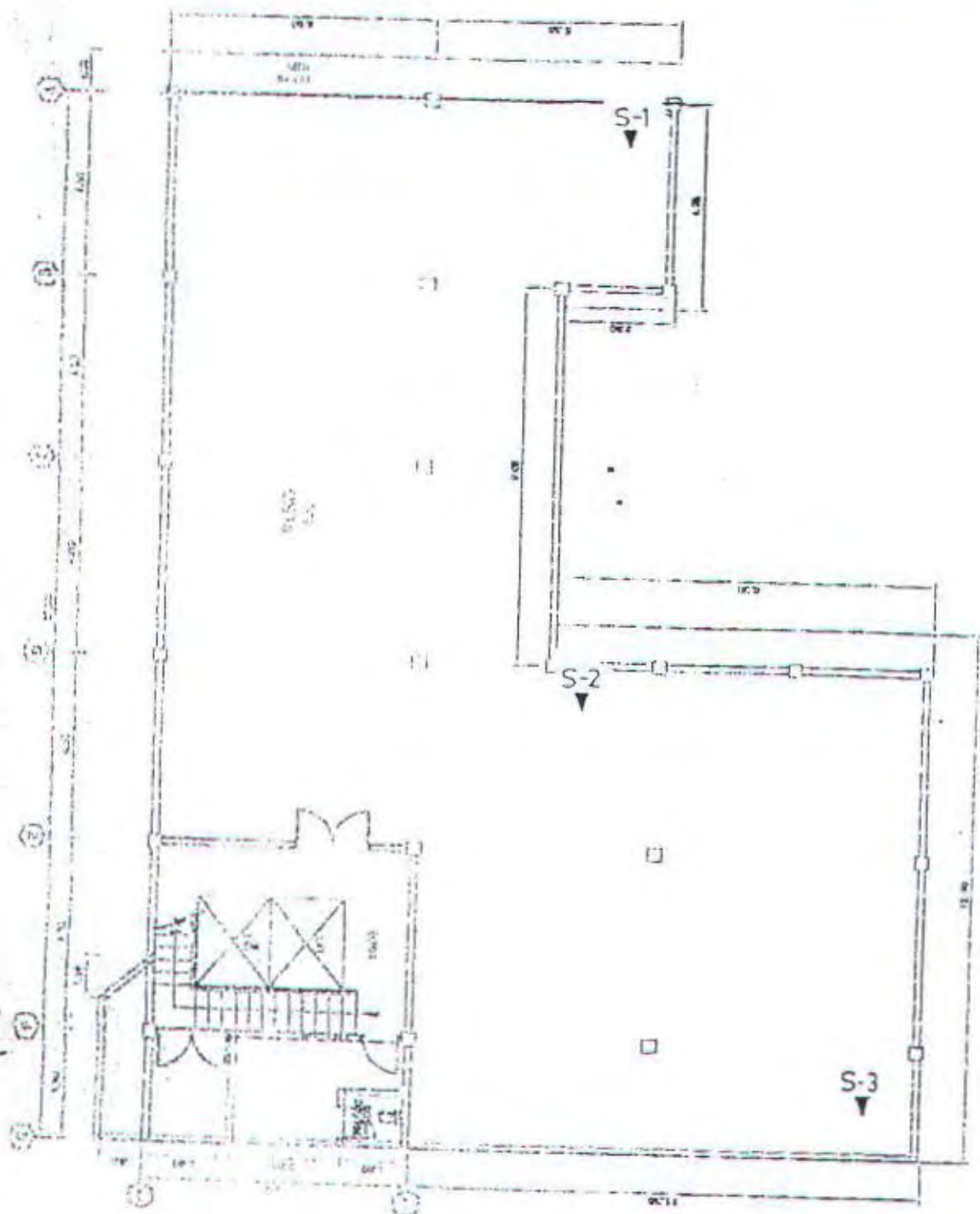
Tabel 1 (Lampiran)

Portal	Beban Angin (kg/m ²)	Searah Angin		Dibalik Angin	
		Koefisien Angin	Q _{Tekan} (kg/m')	Koefisien Angin	Q _{Hisap} (kg/m')
A	25	0.9	70.31	0.4	31.25
B	25	0.9	140.63	0.4	62.5
C	25	0.9	140.63	0.4	31.25
D	25	0.9	70.31	0.4	62.5
1	25	0.9	50.63	0.4	22.5
2	25	0.9	101.25	0.4	45
3	25	0.9	101.25	0.4	45
4	25	0.9	101.25	0.4	22.5
5	25	0.9	101.25	0.4	67.5
6	25	0.9	101.25	0.4	45
7	25	0.9	50.63	0.4	22.5

Portal	Beban Angin (kg/m ²)	Searah Angin		Dibalik Angin	
		Koefisien Angin	Q _{Tekan} (kg/m')	Koefisien Angin	Q _{Hisap} (kg/m')
A	25	0.9	70.31	0.4	31.25
B	25	0.9	140.63	0.4	62.5
C	25	0.9	70.31	0.4	62.5
D	25	0.9	140.63	0.4	31.25
1	25	0.9	50.63	0.4	22.5
2	25	0.9	101.25	0.4	45
3	25	0.9	101.25	0.4	45
4	25	0.9	50.63	0.4	45
5	25	0.9	151.88	0.4	45
6	25	0.9	101.25	0.4	45
7	25	0.9	50.63	0.4	22.5



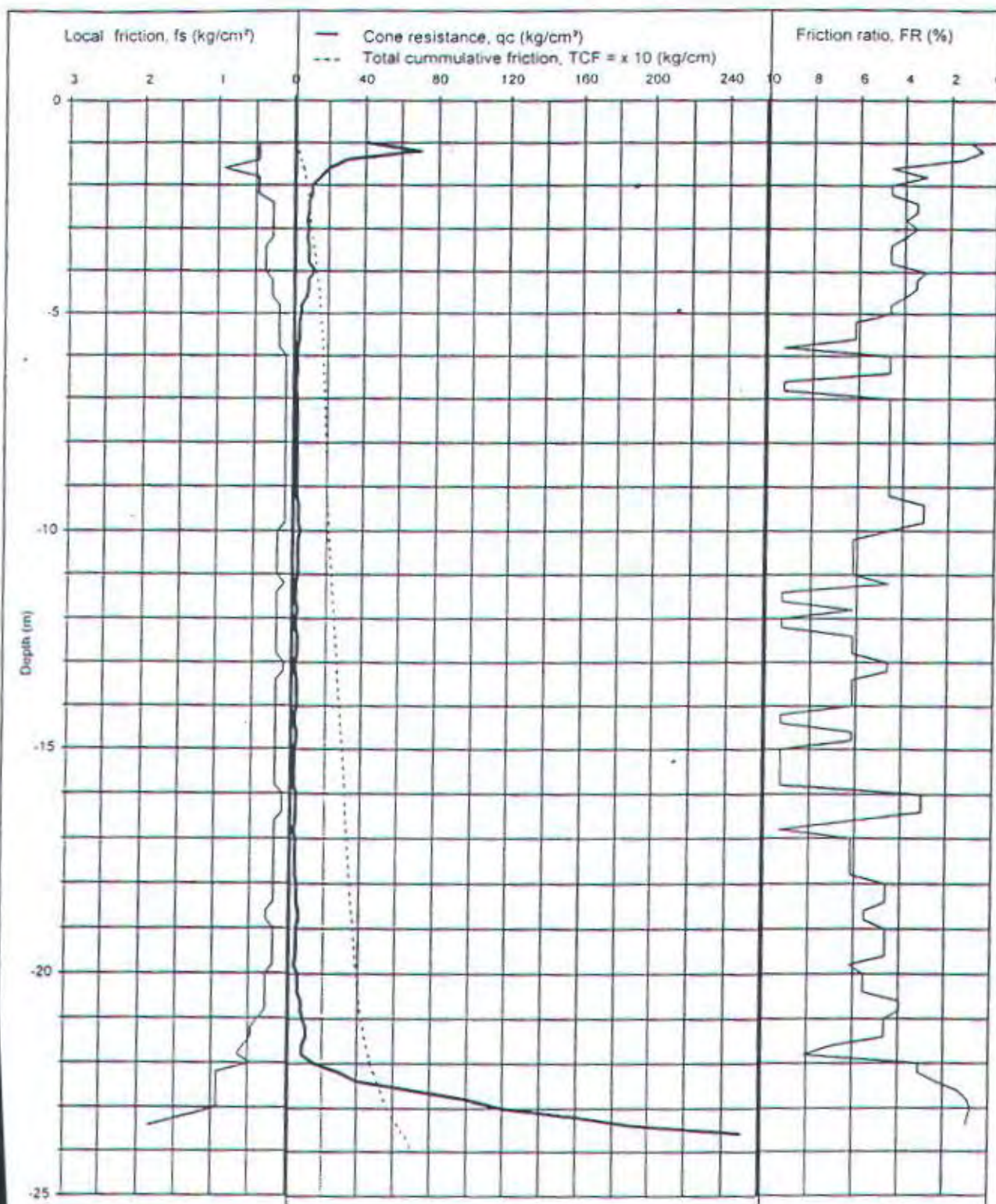
LAMPIRAN



A.1. SKETSA LETAK TITIK-TITIK UJI SONDIR



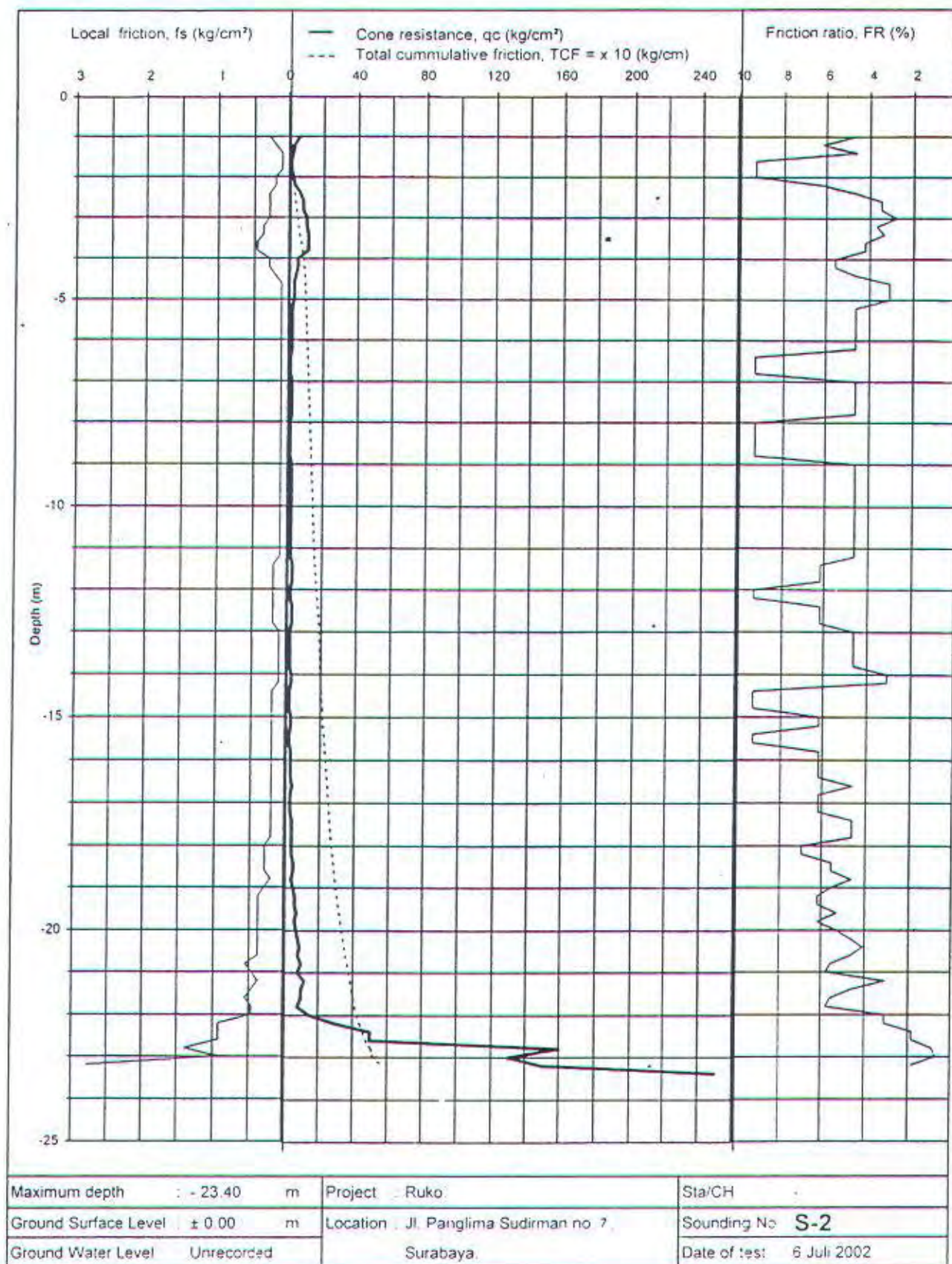
A.DC.3. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



Maximum depth	-23.60	m	Project	Ruko	Sta/CH	-
Ground Surface Level	± 0.00	m	Location	Jl. Panglima Sudirman no. 7,	Sounding No	S-3
Ground Water Level	Unrecorded		Surabaya		Date of test	6 Juli 2002

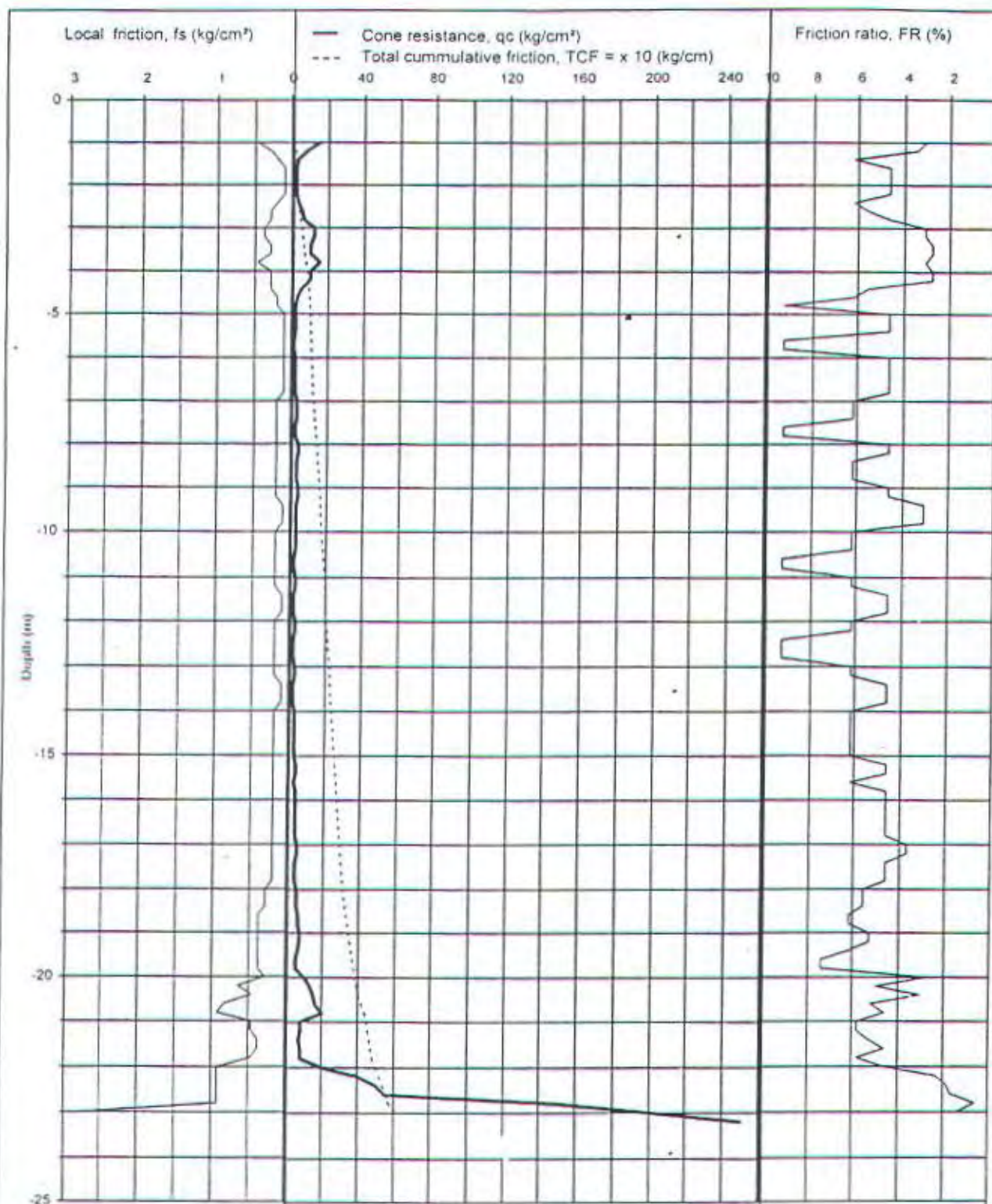


A.DC.2. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)

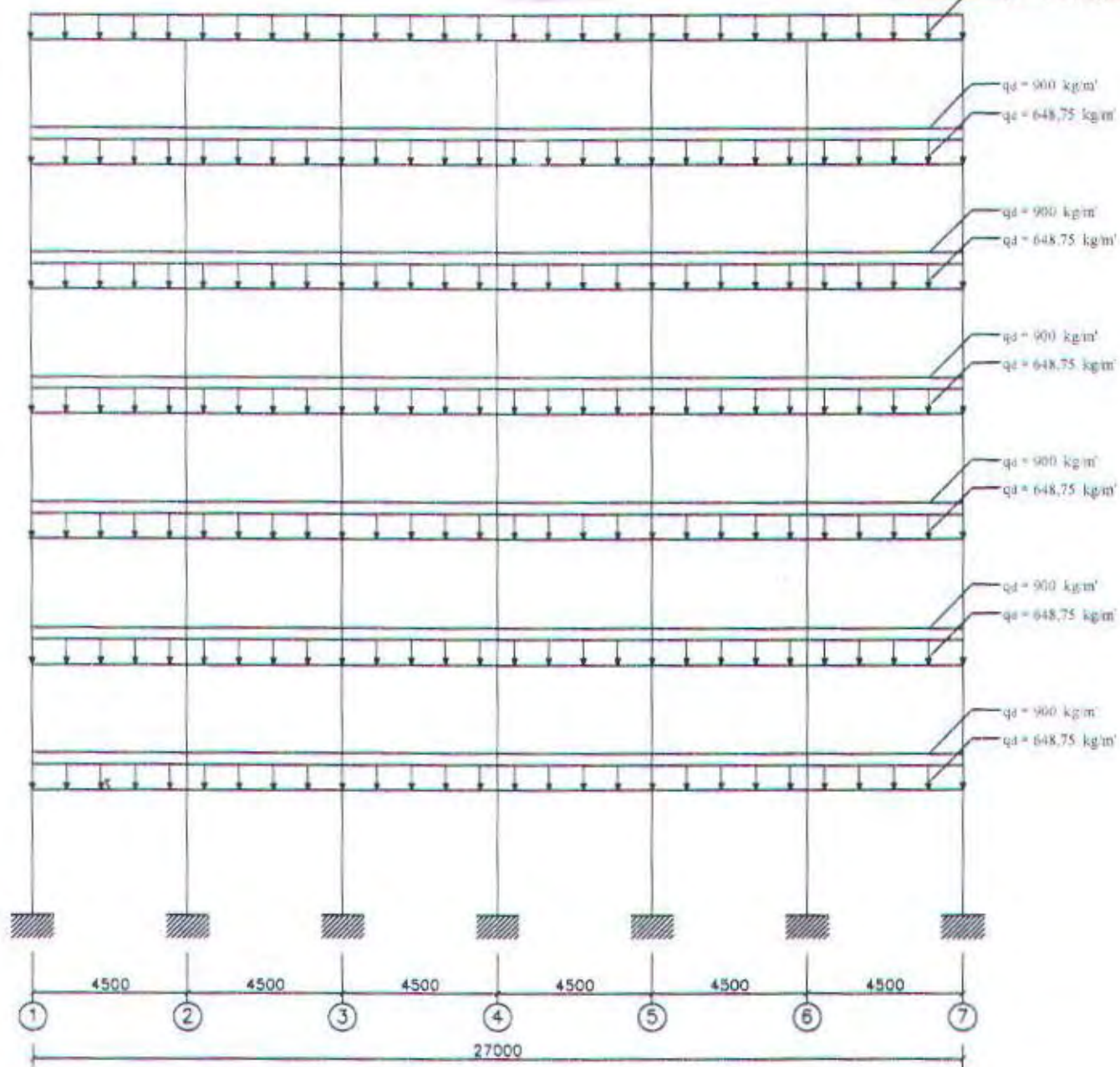




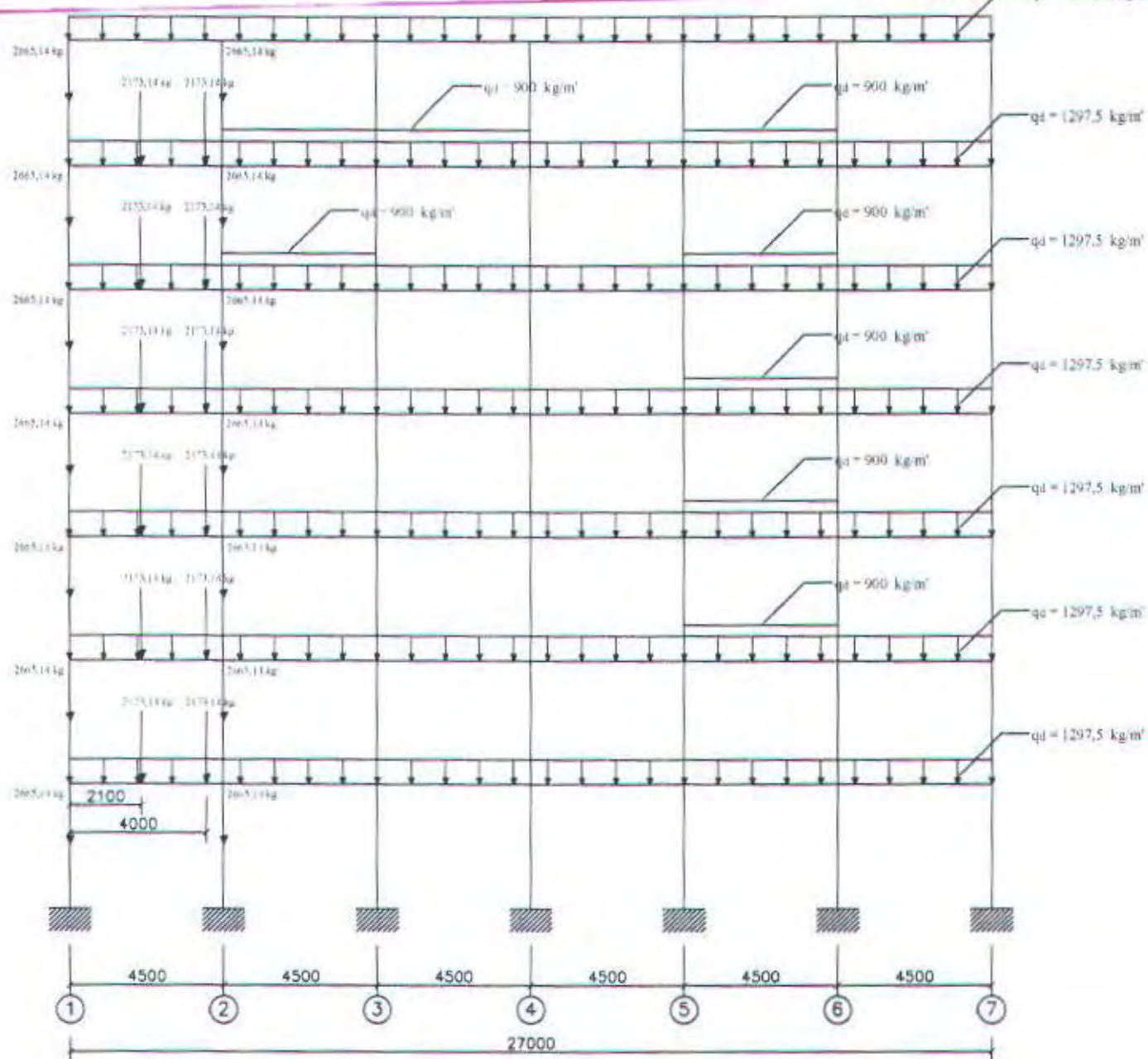
A.DC.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



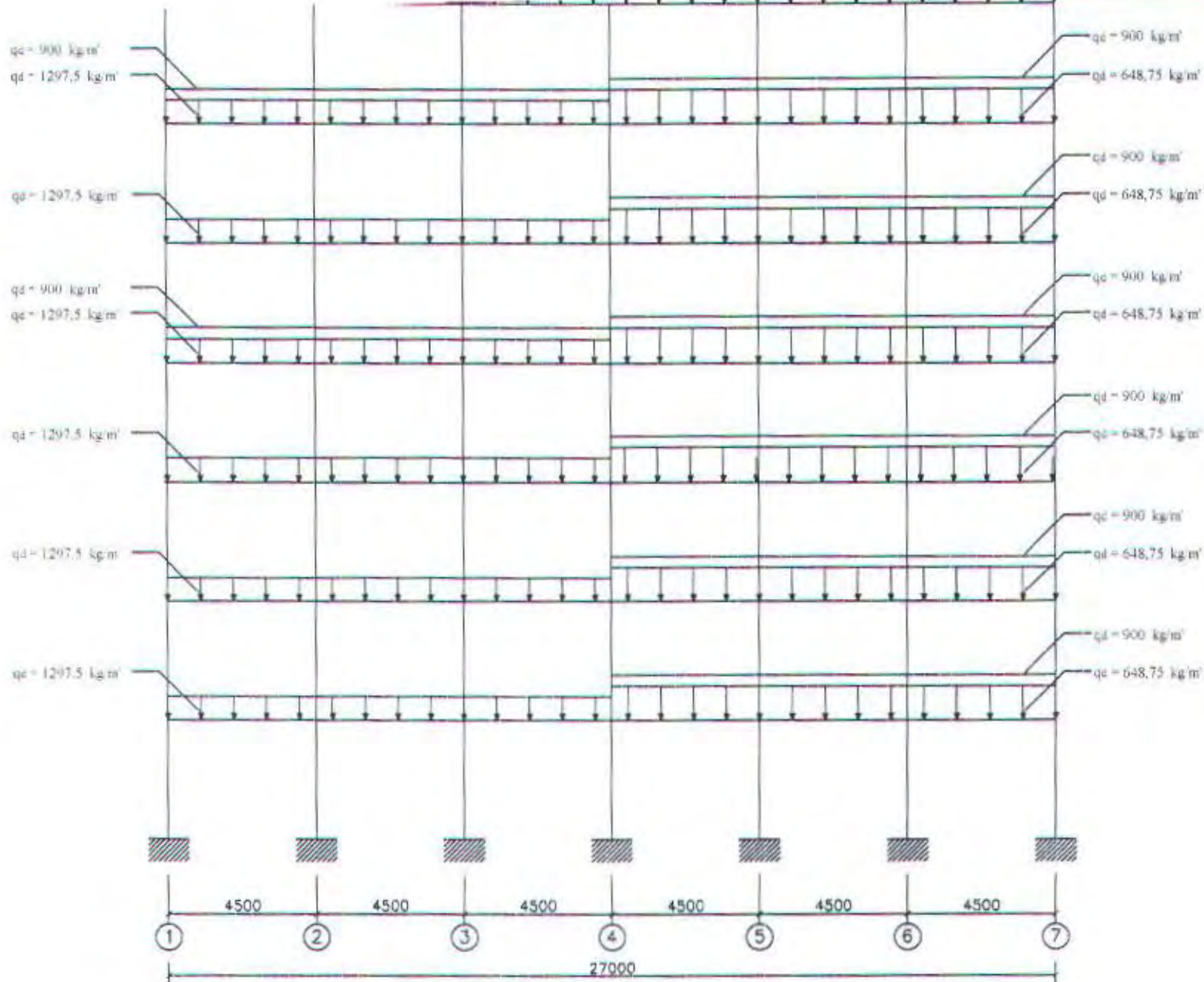
Maximum depth	- 23.20 m	Project	: Ruko	Sta/CH	-
Ground Surface Level	± 0.00 m	Location	Jl Panglima Sudirman no 7.	Sounding No	S-1
Ground Water Level	Unrecorded		Surabaya	Date of test	6 Juli 2002



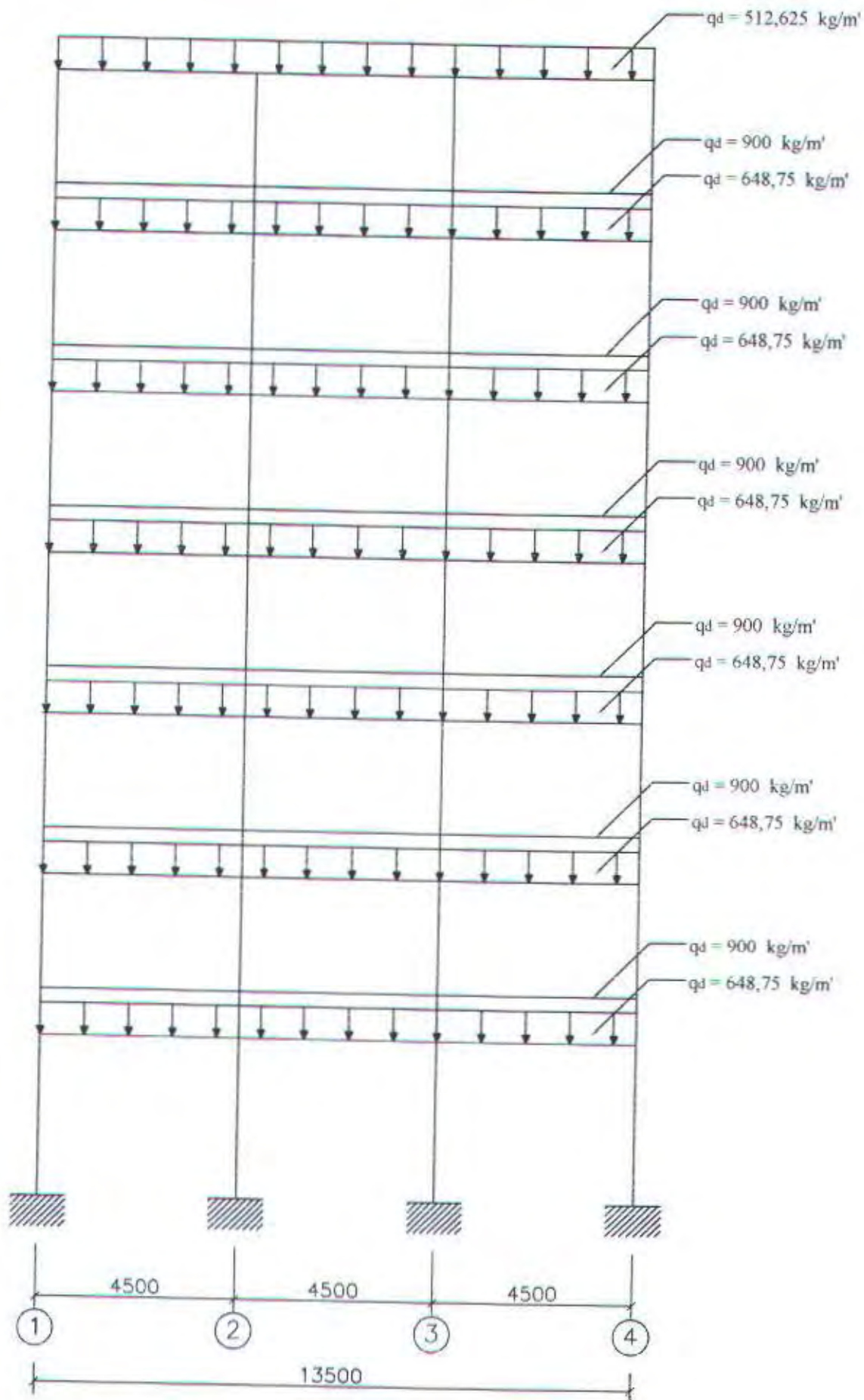
Portal Memanjang as A Akibat Beban Mati



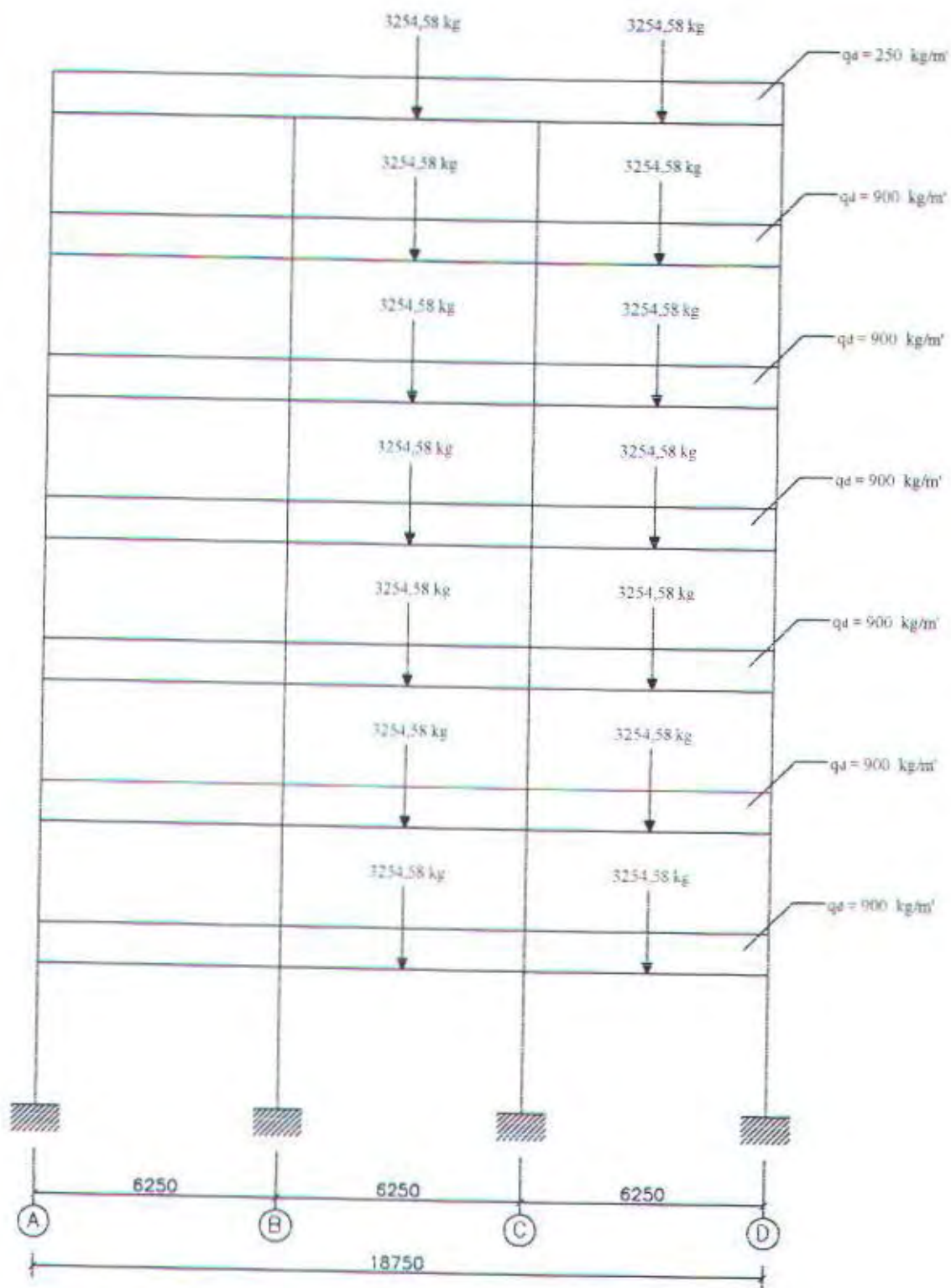
Portal Memanjang as B Akibat Beban Mati



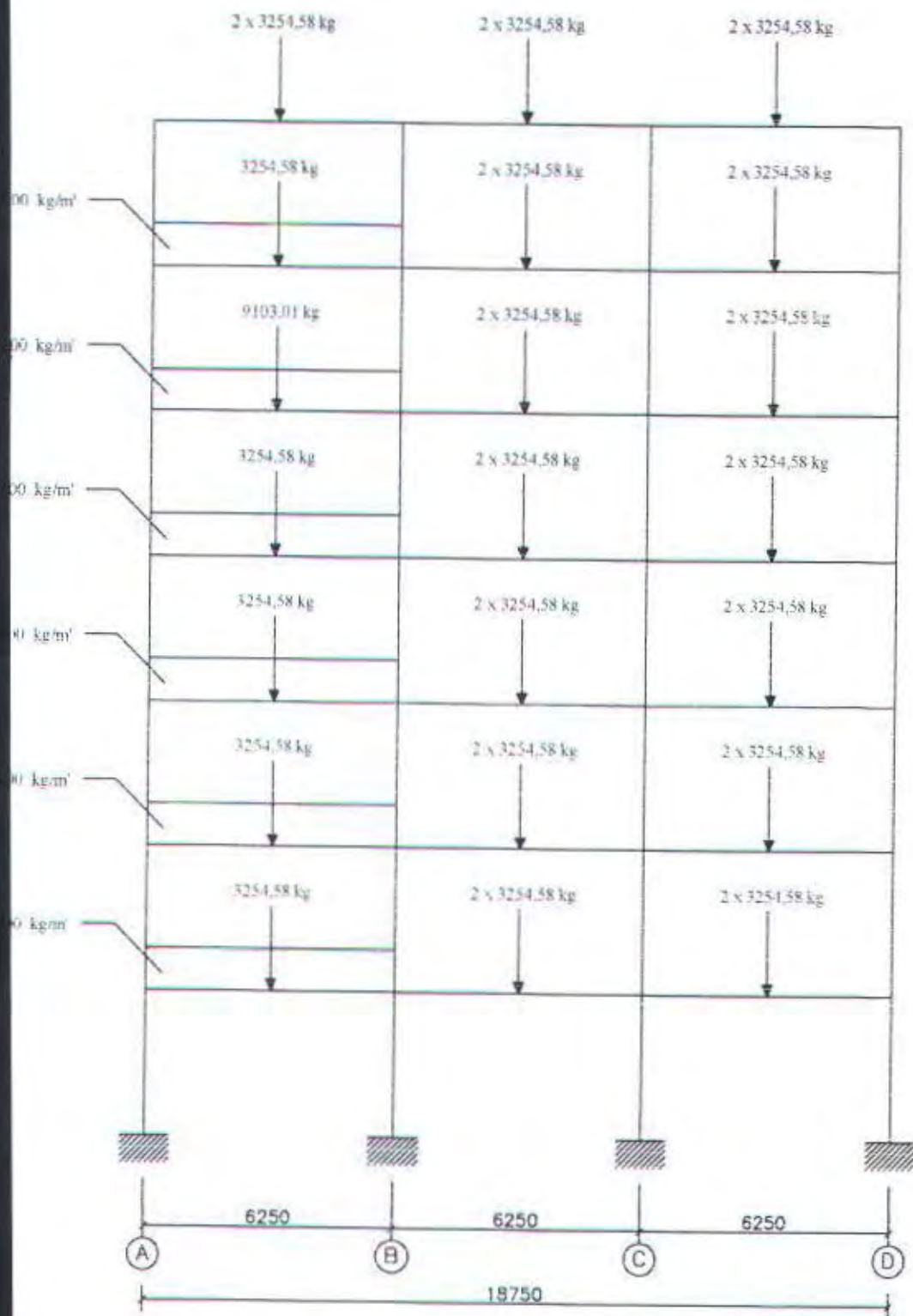
Portal Memanjang as C Akibat Beban Mati



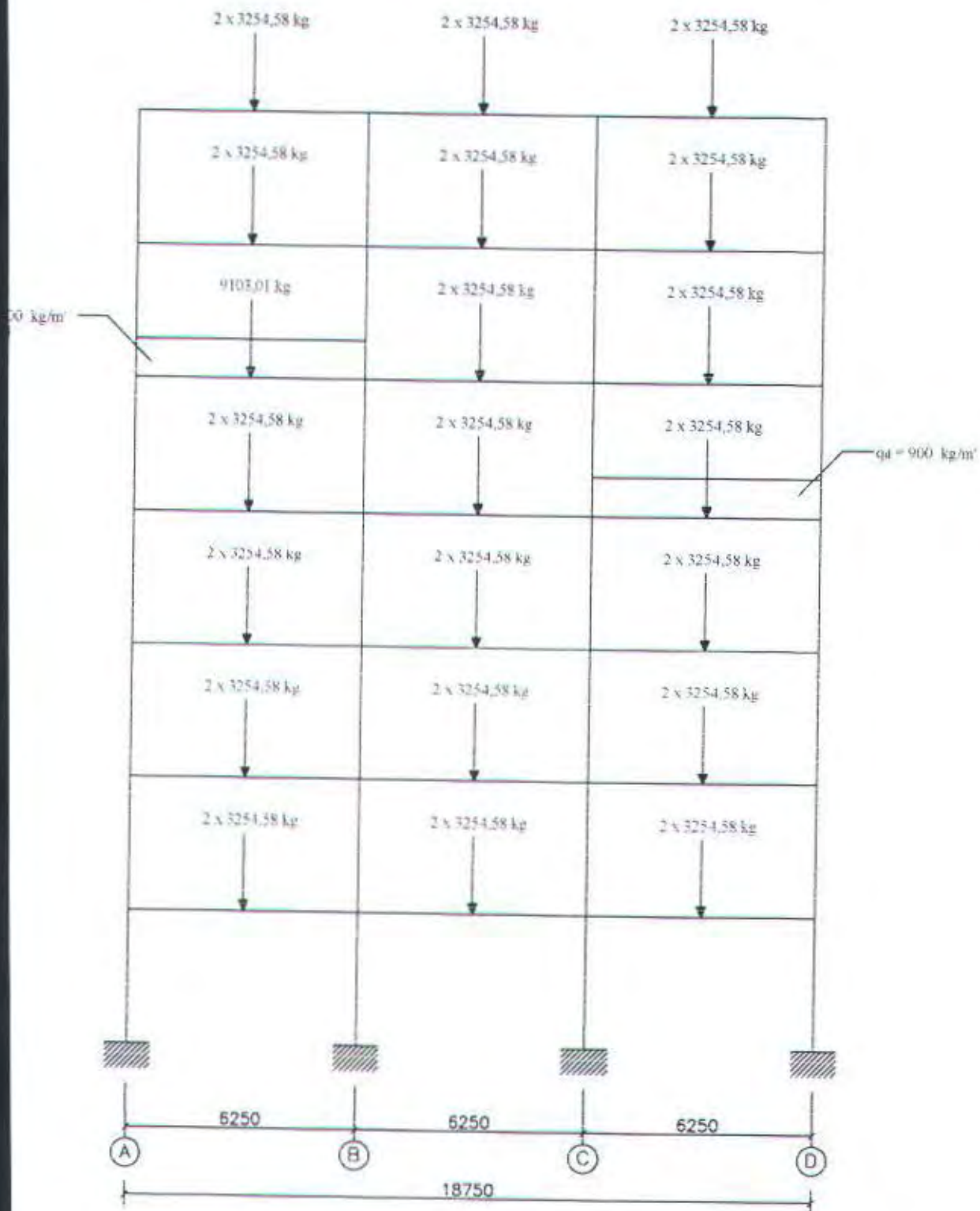
Portal Memanjang as D Akibat Beban Mati



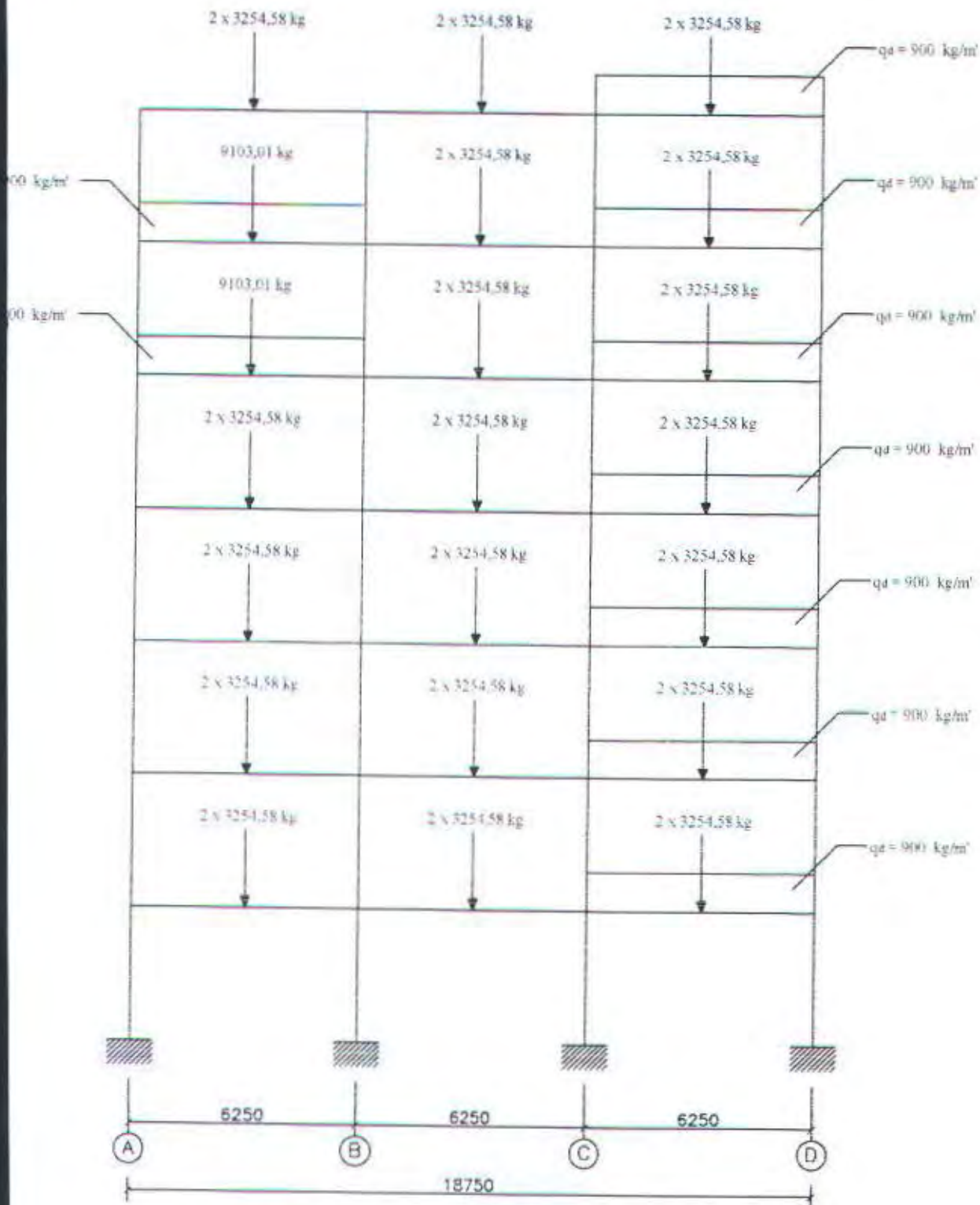
Portal Melintang as 1 Akibat Beban Mati



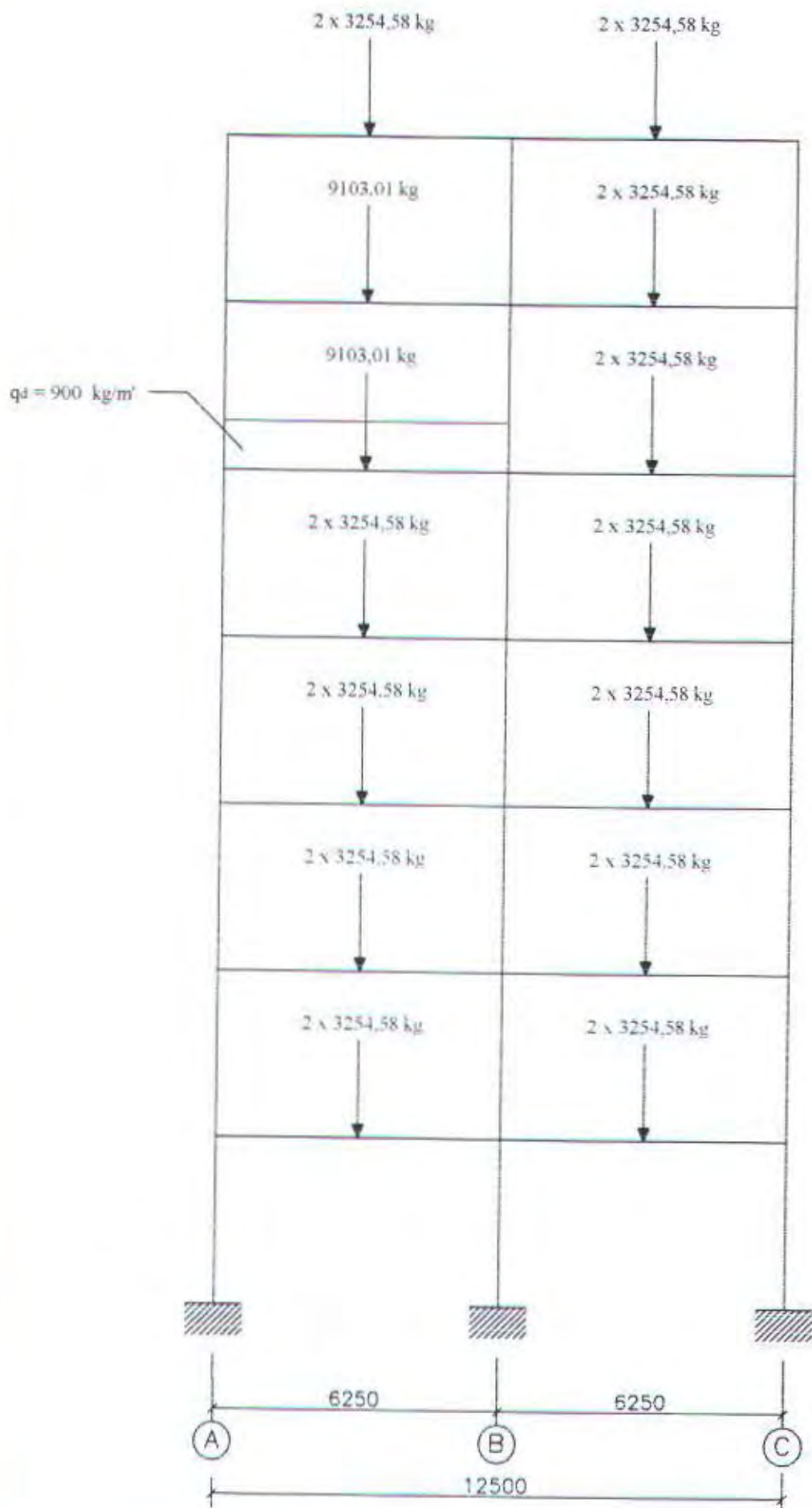
Portal Melintang as 2 Akibat Beban Mati



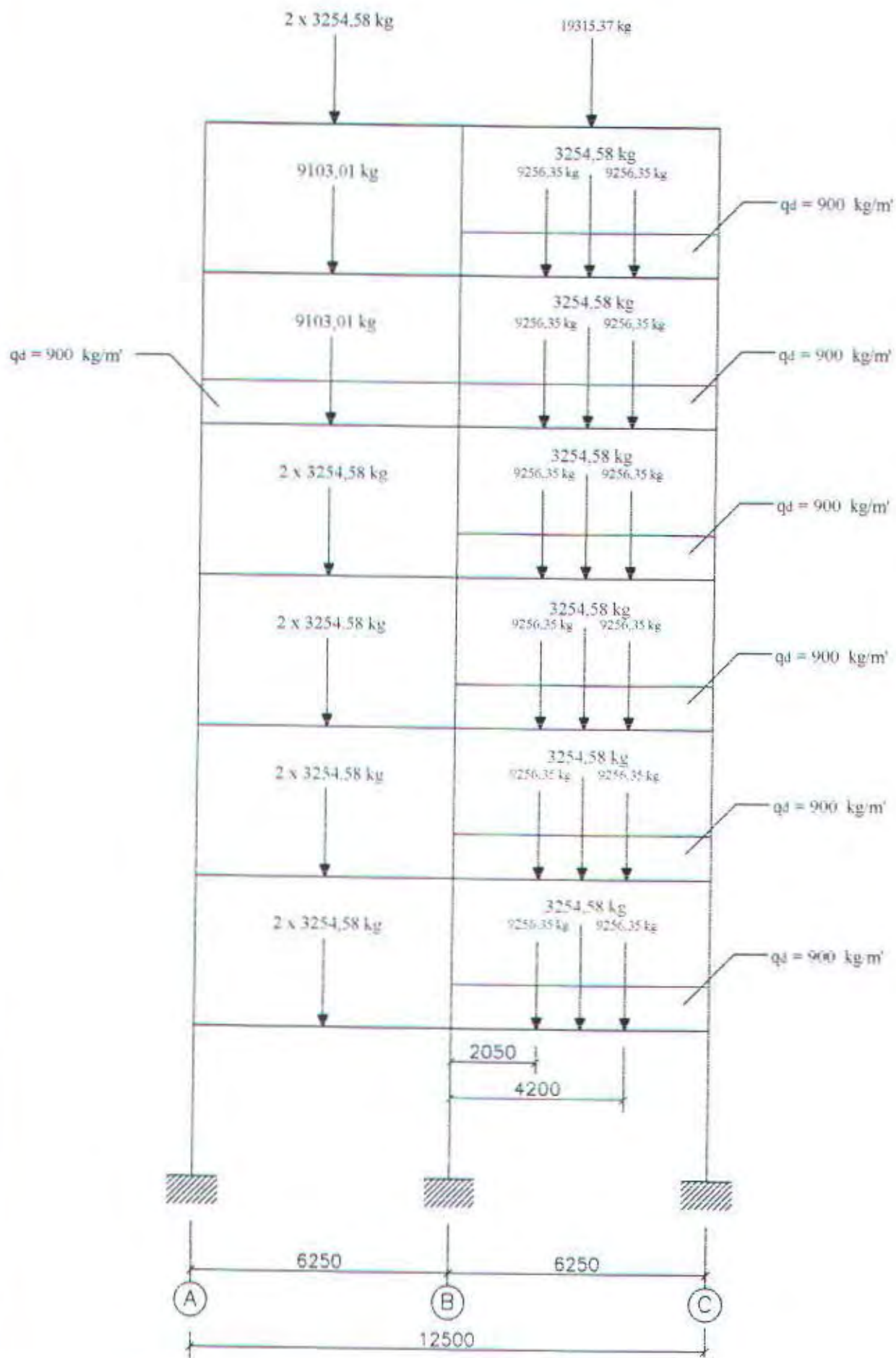
Portal Melintang as 3 Akibat Beban Mati



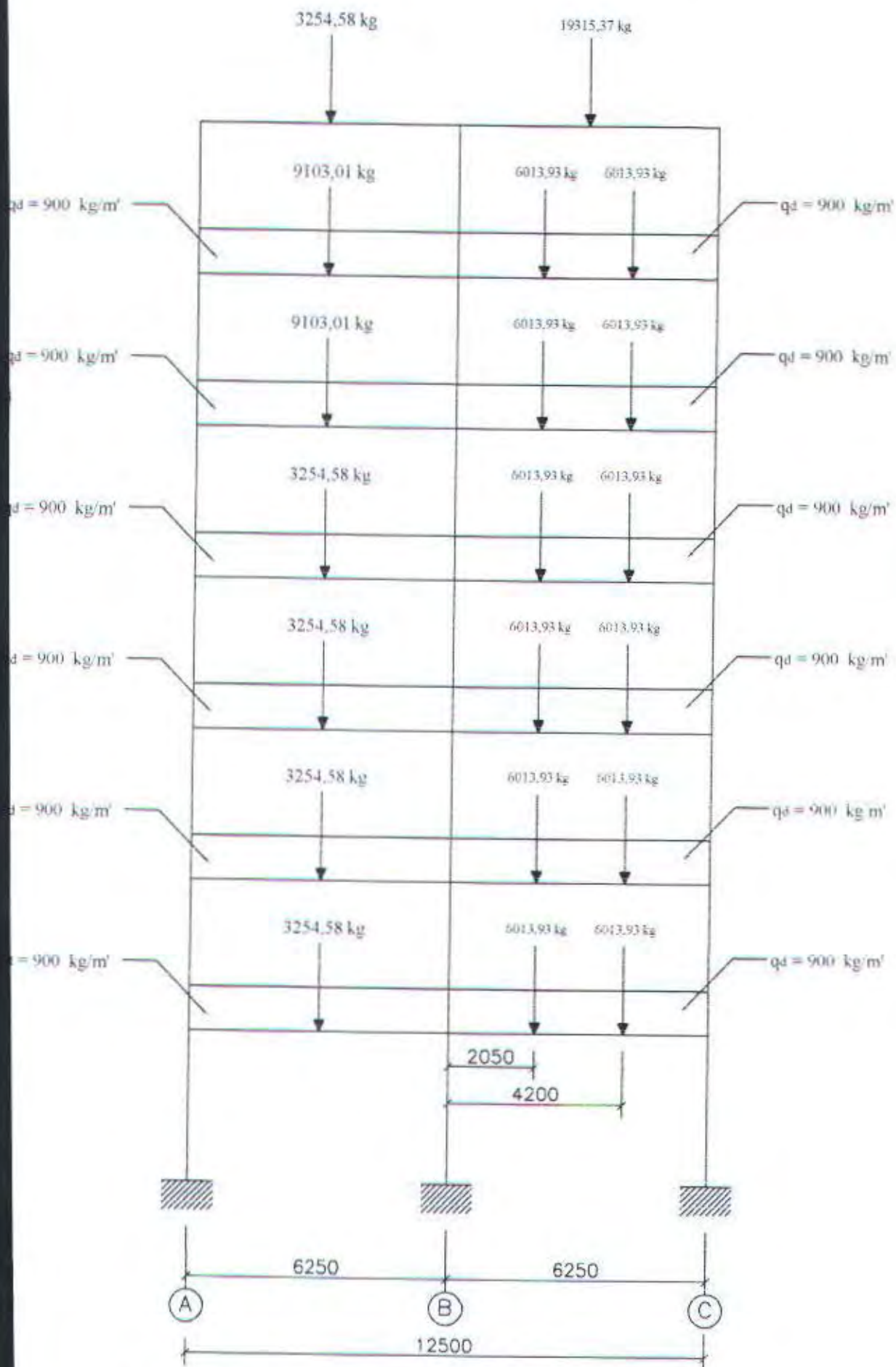
Portal Melintang as 4 Akibat Beban Mati



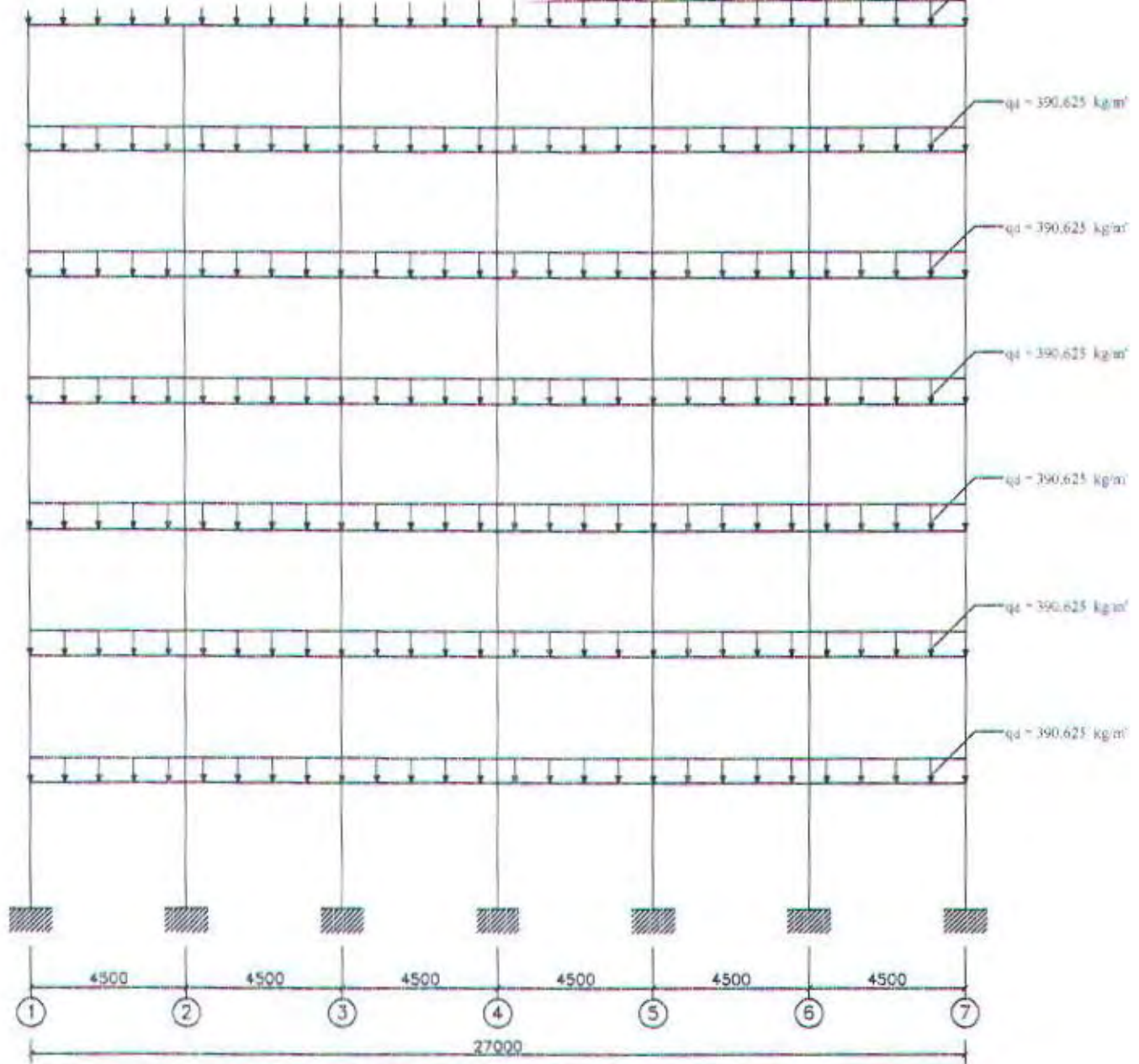
Portal Melintang as 5 Akibat Beban Mati



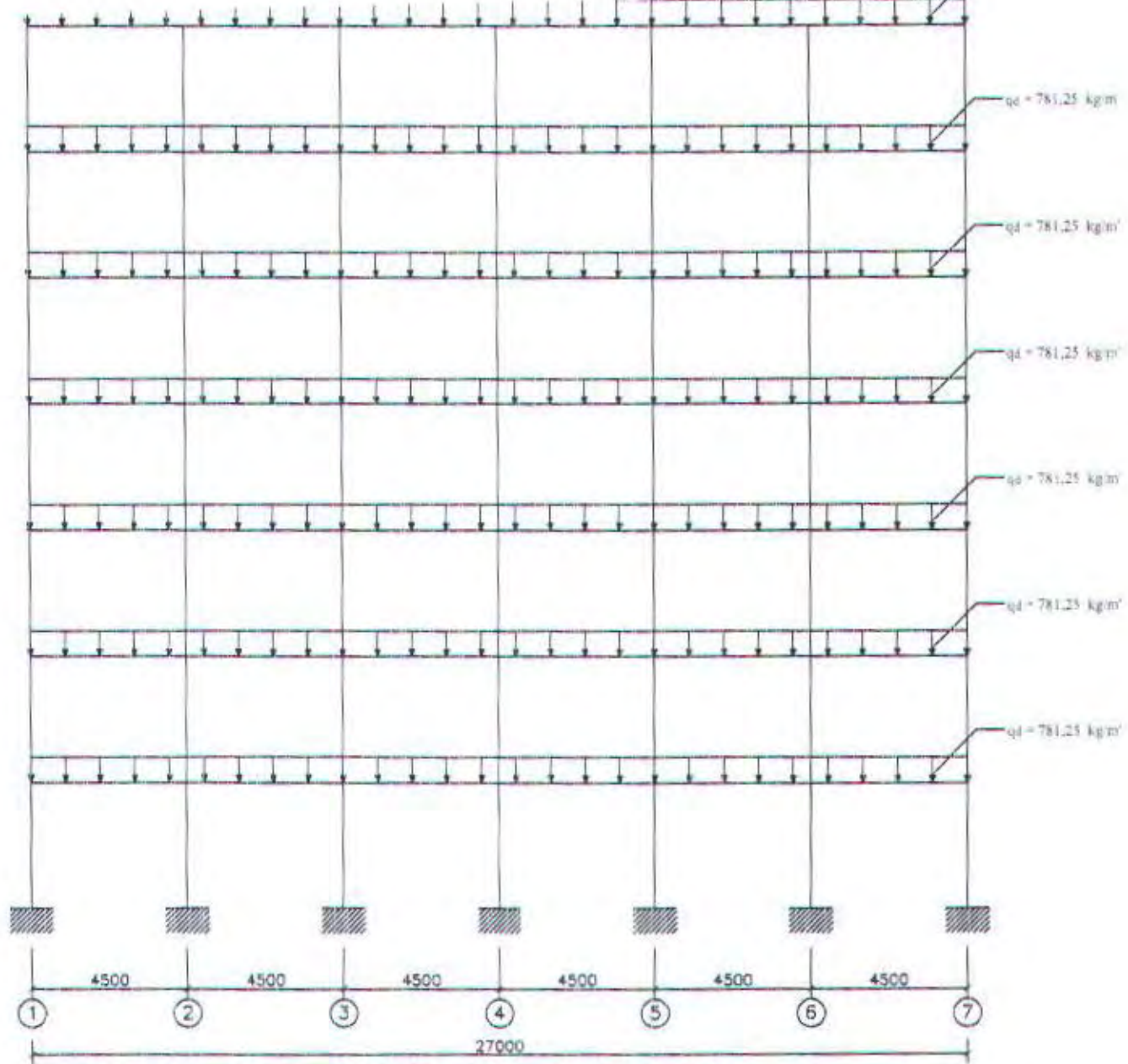
Portal Melintang as 6 Akibat Beban Mati



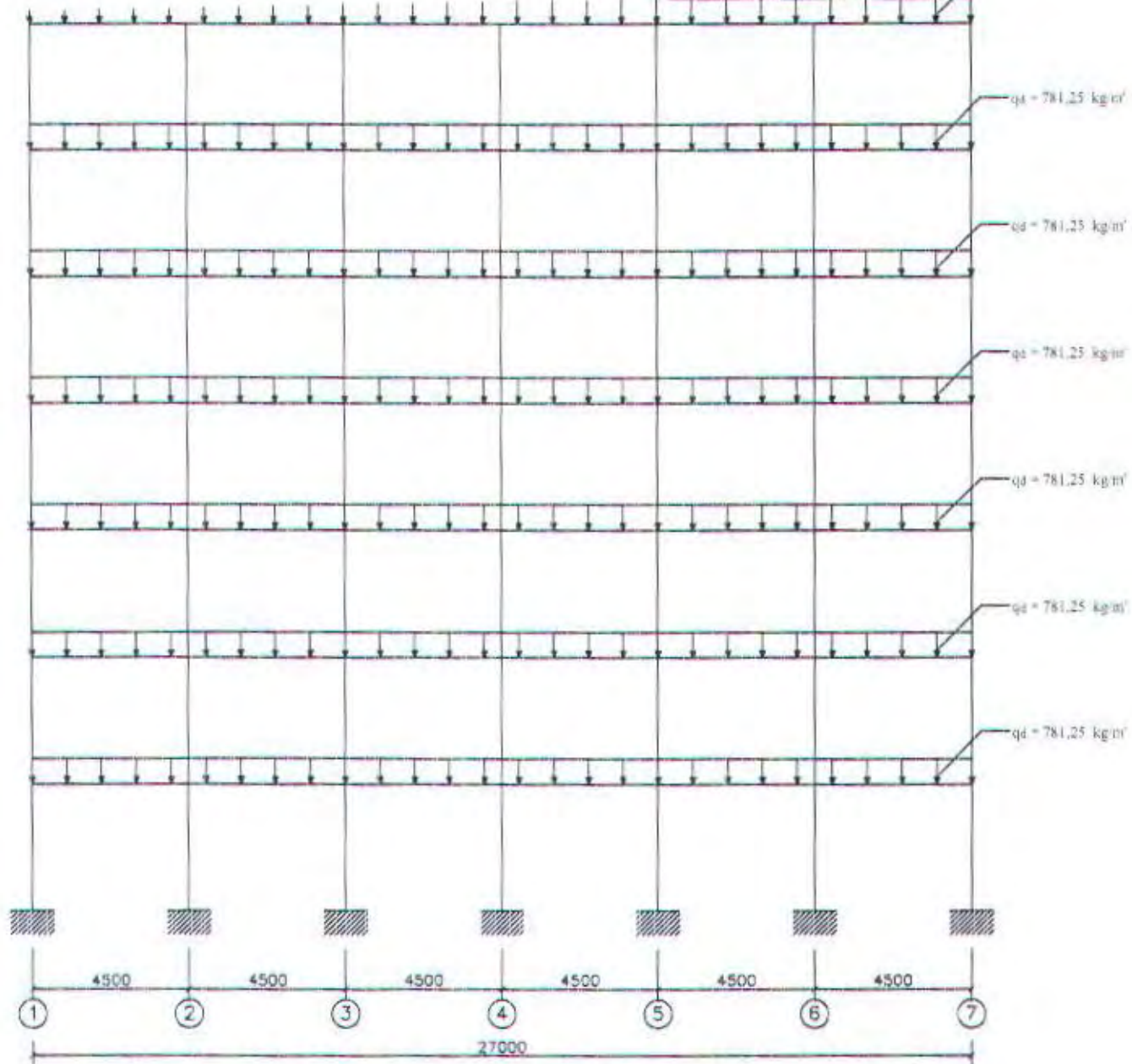
Portal Melintang as 7 Aljabar B dan M



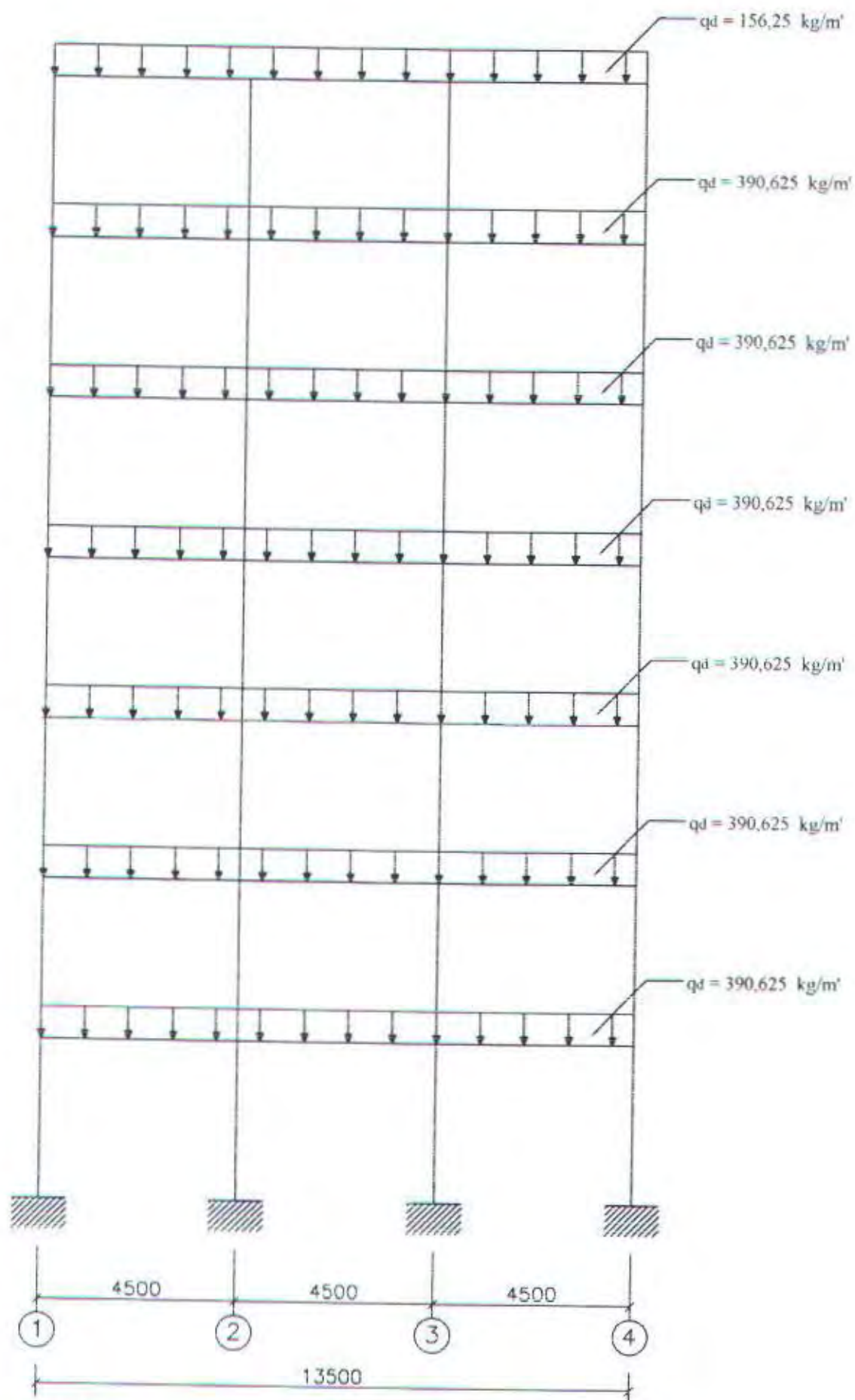
Portal Memanjang as A Akibat Beban Hidup



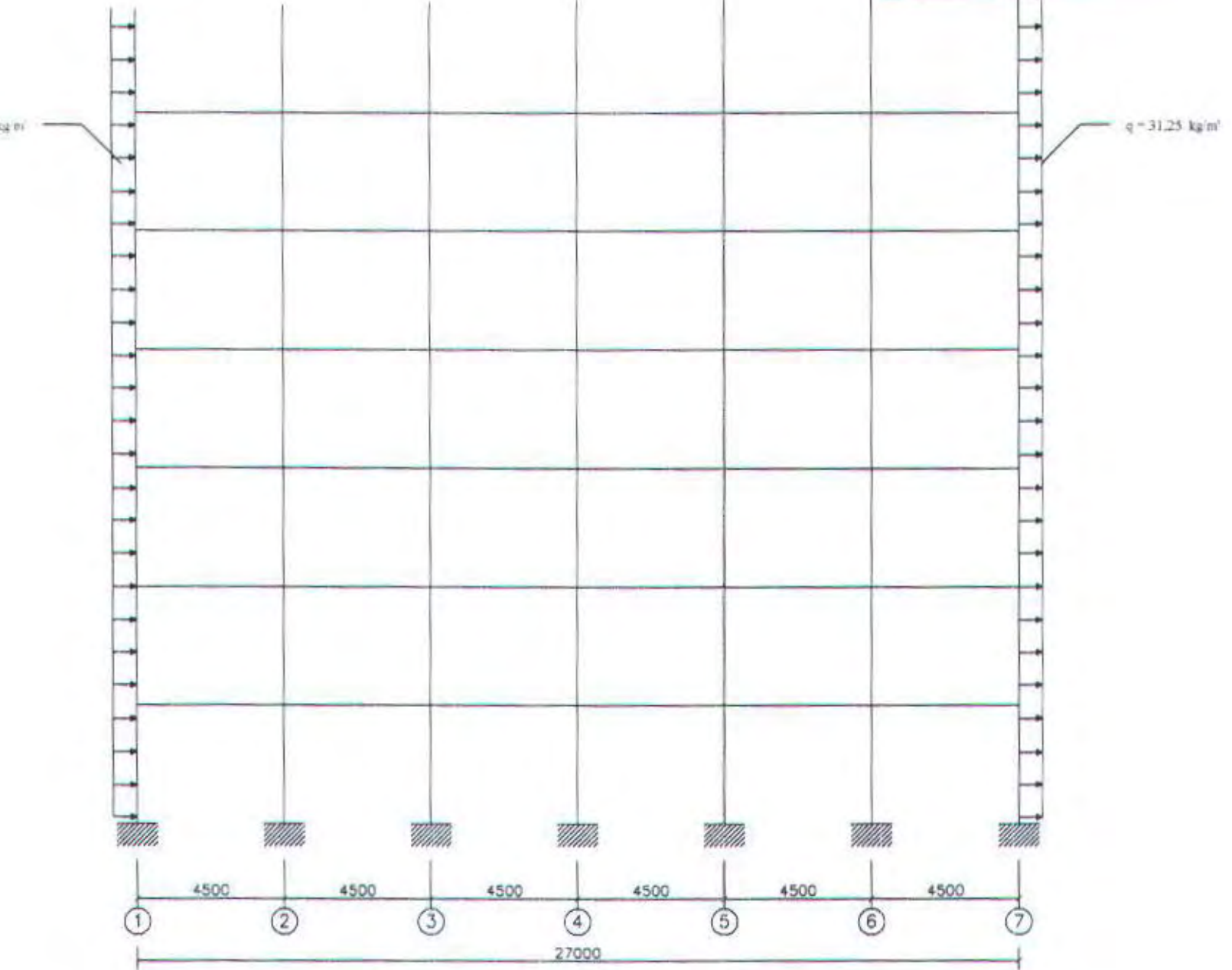
Portal Memanjang as B Akibat Beban Hidup



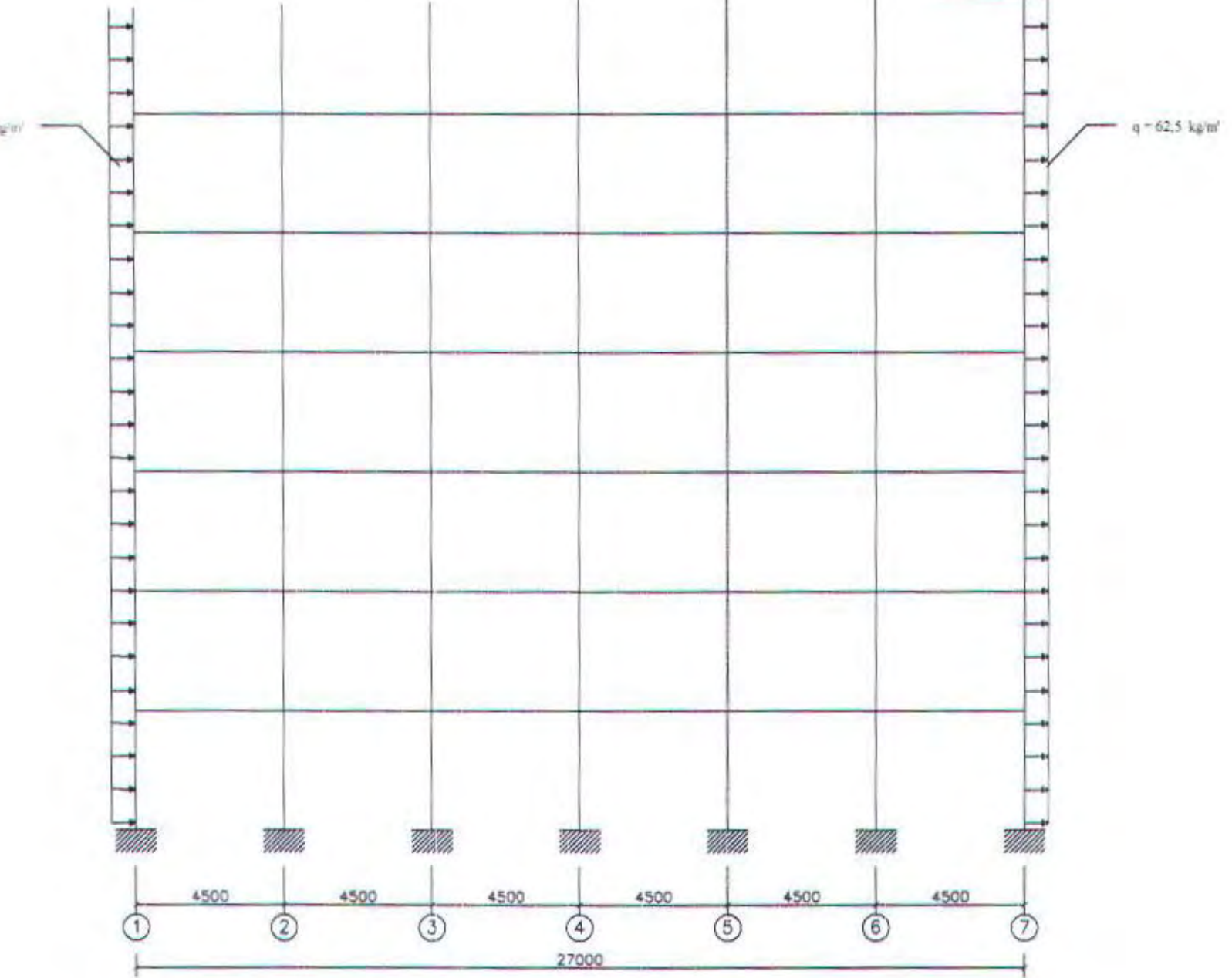
Portal Memanjang as B Akibat Beban Hidup



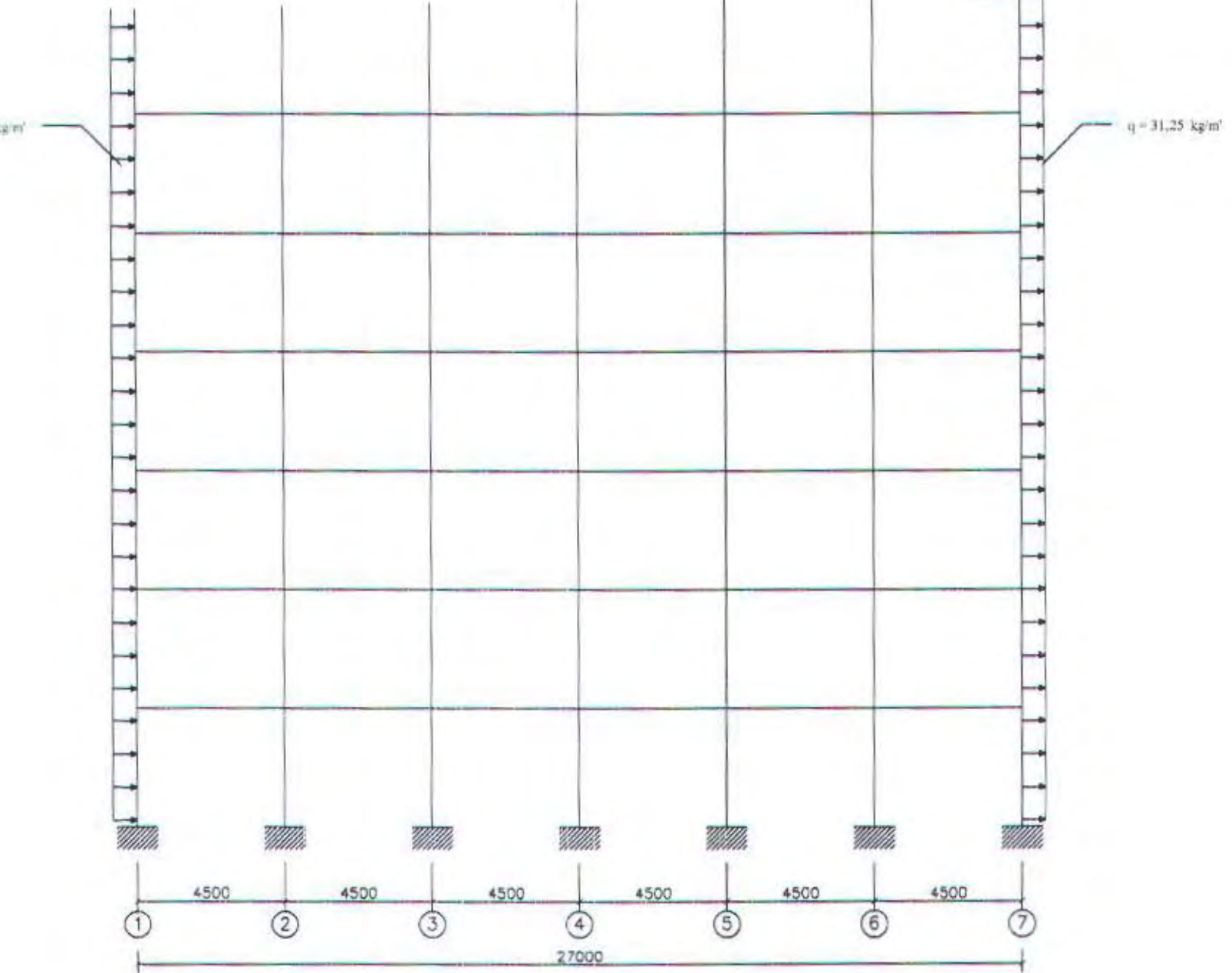
Portal Memanjang as D Akibat Beban Hidup



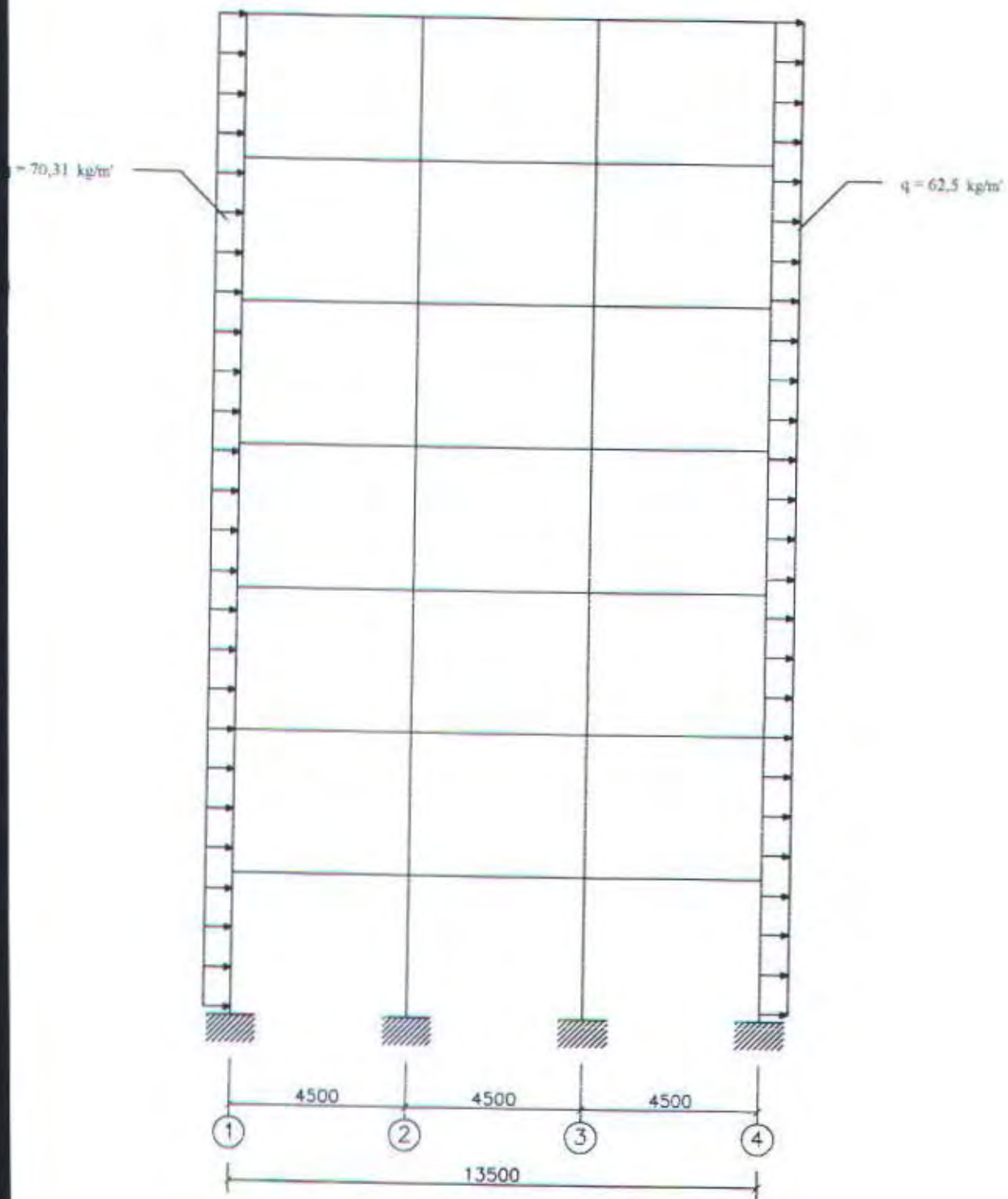
Portal Memanjang as A Akibat Beban Angin



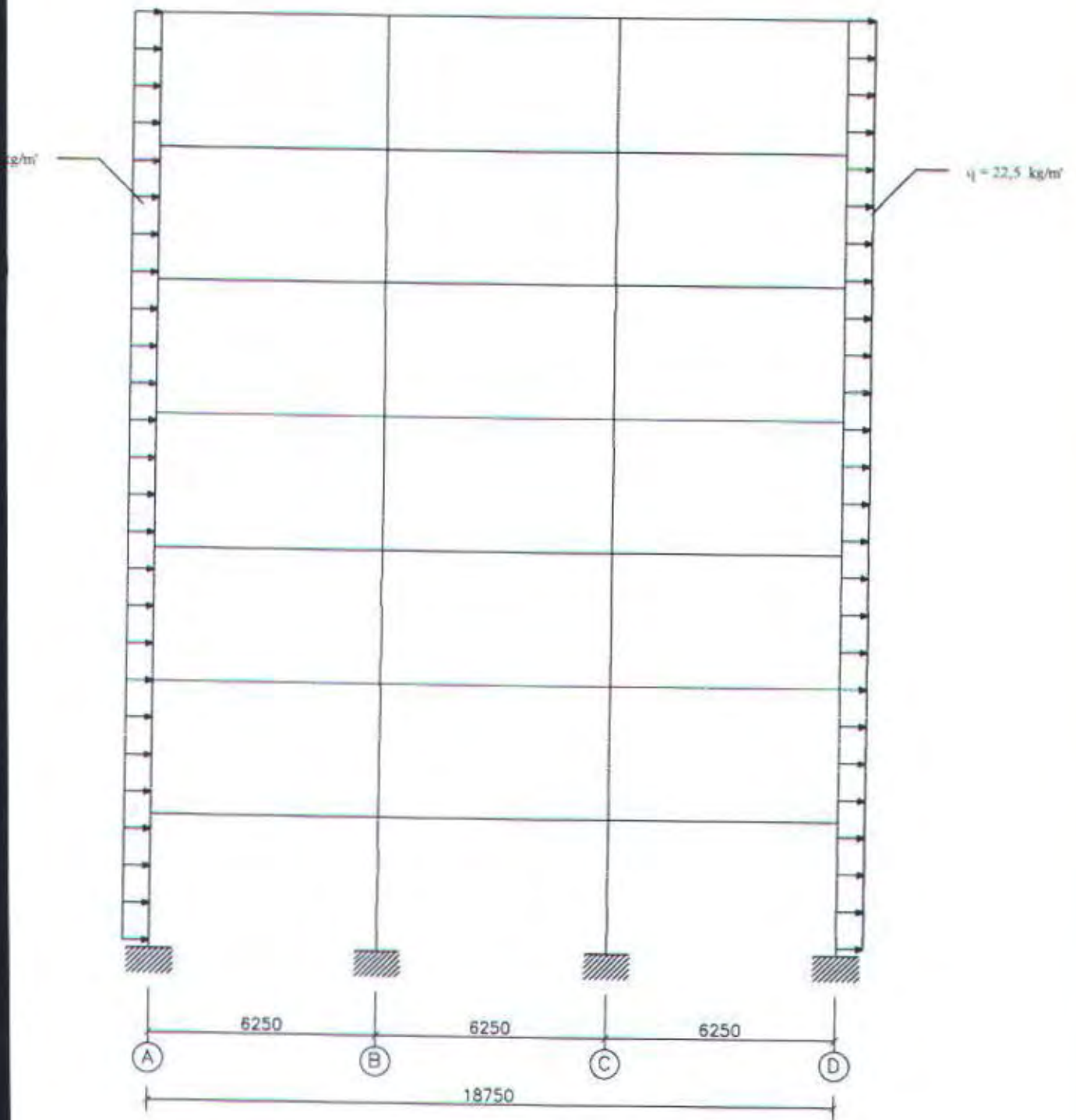
Portal Memanjang as B Akibat Beban Angin



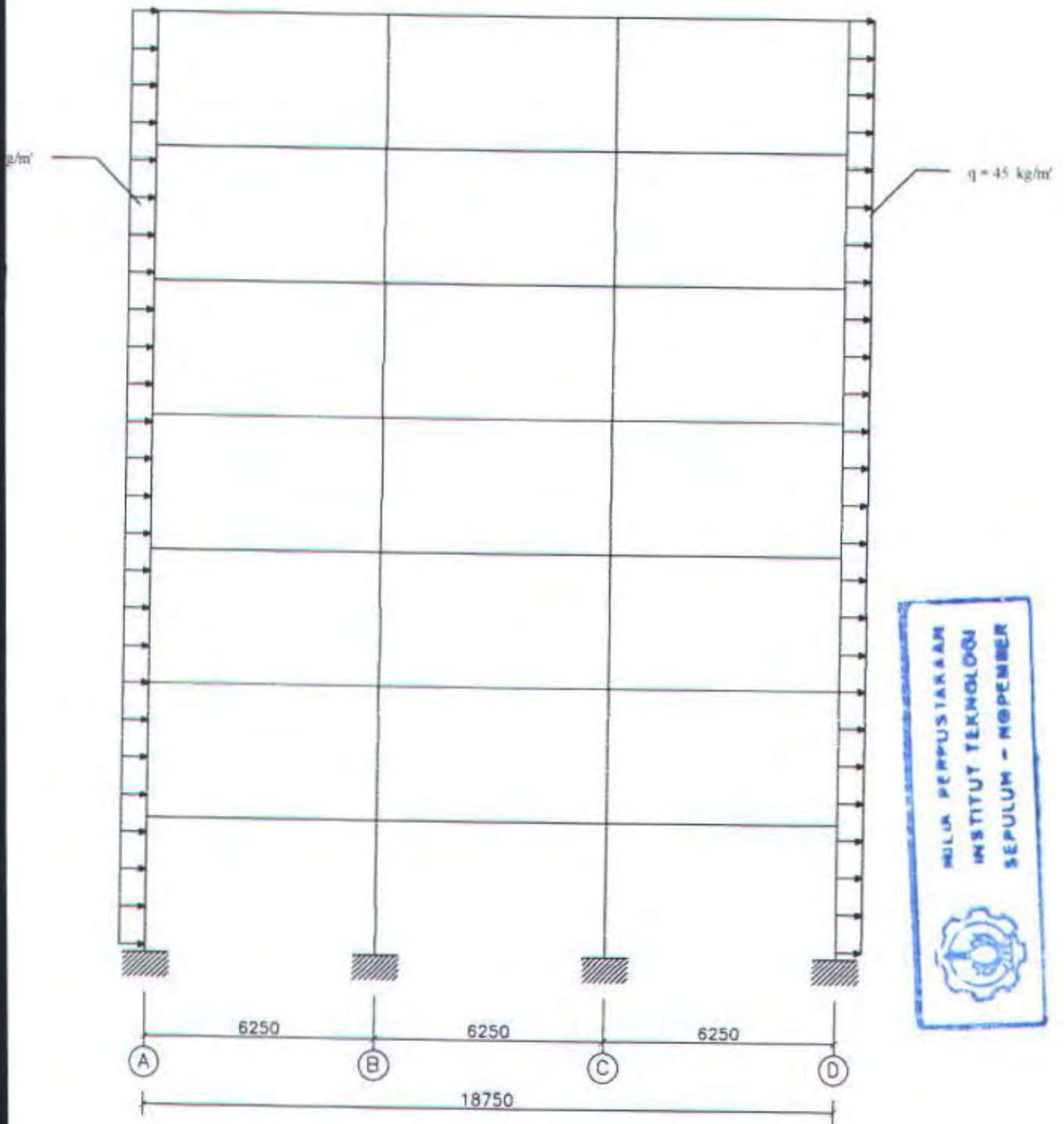
Portal Memanjang as C Akibat Beban Angin



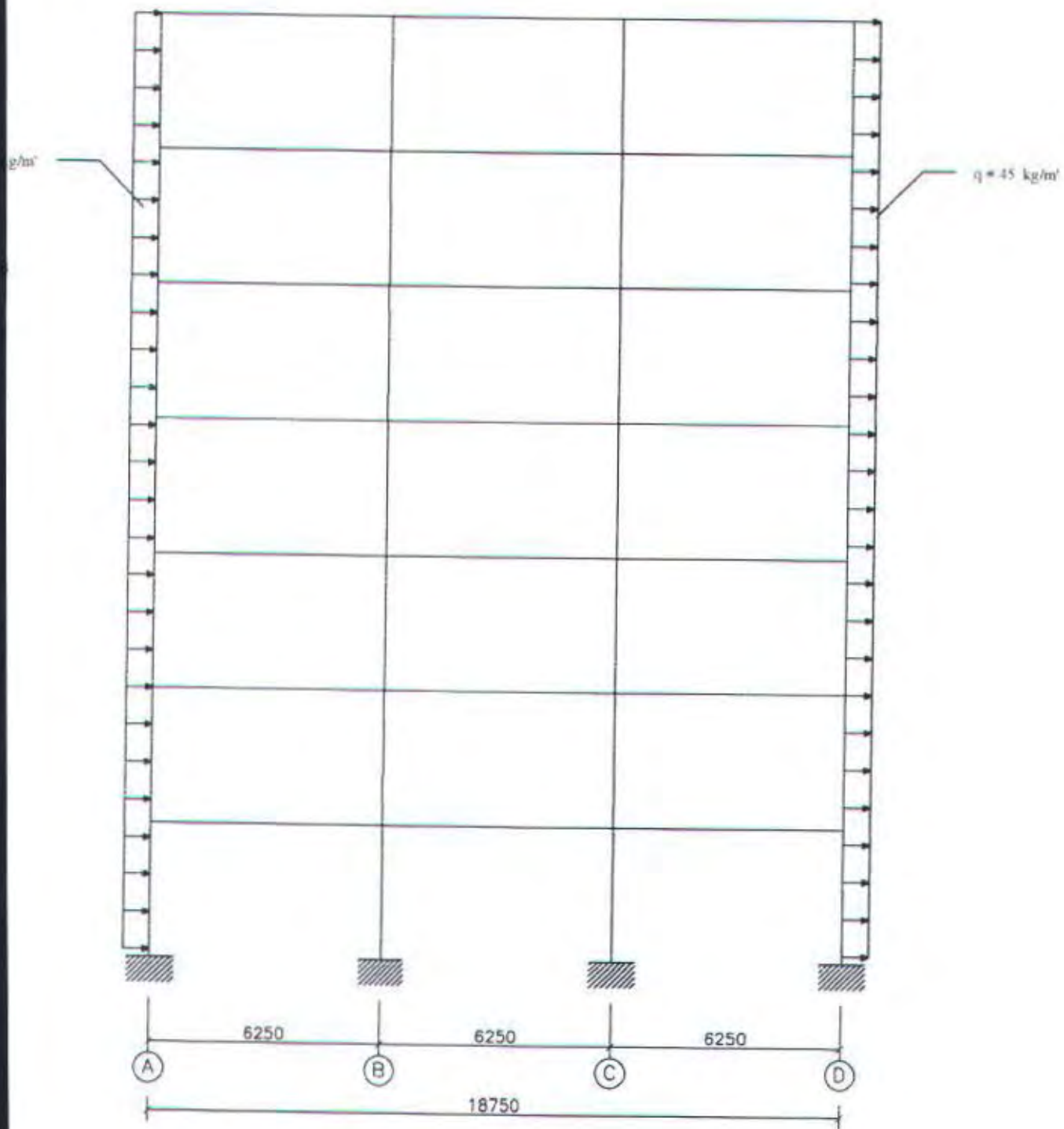
Portal Memanjang as D Akibat Beban Angin



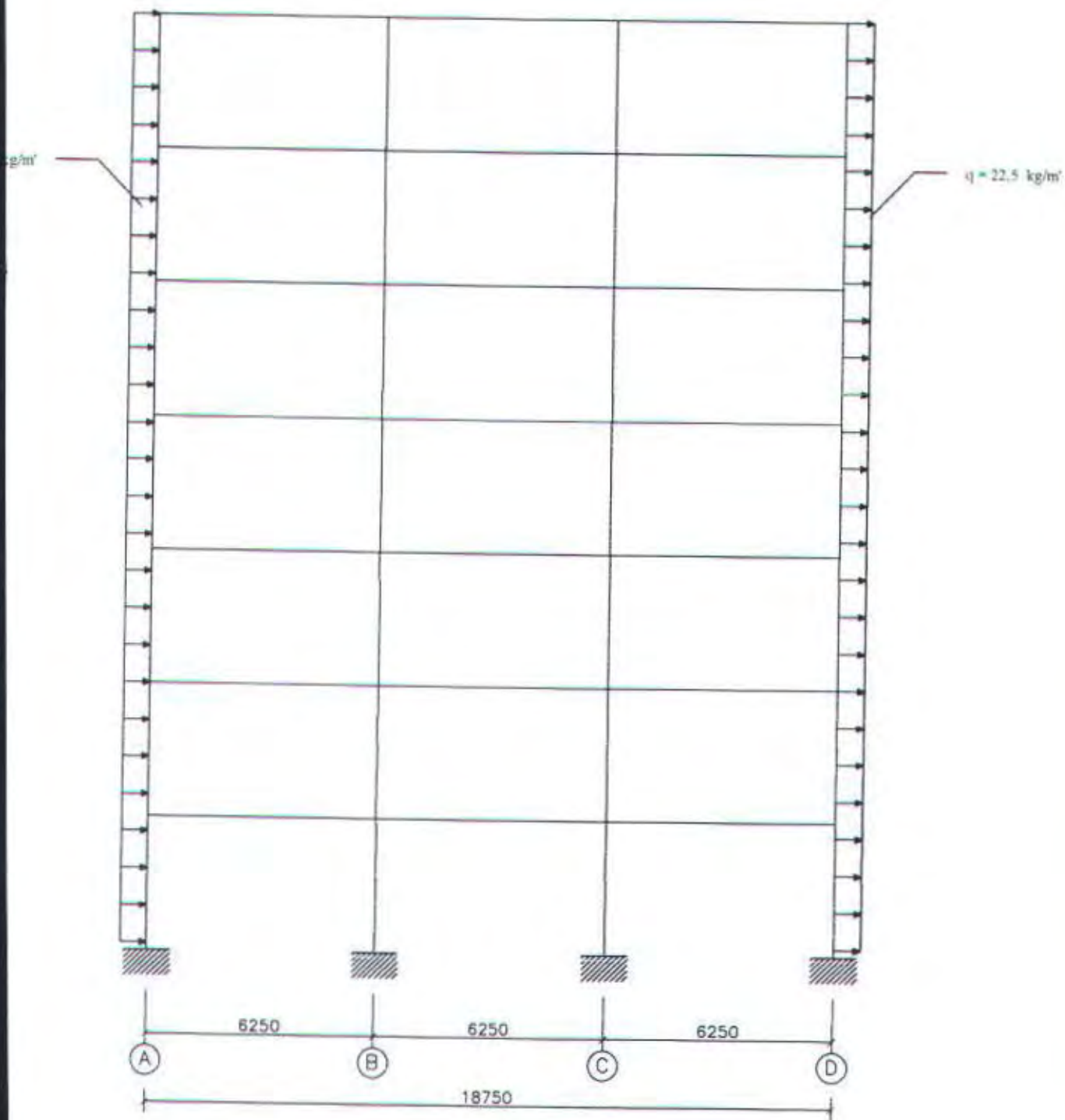
Portal Melintang as 1 Akibat Beban Angin



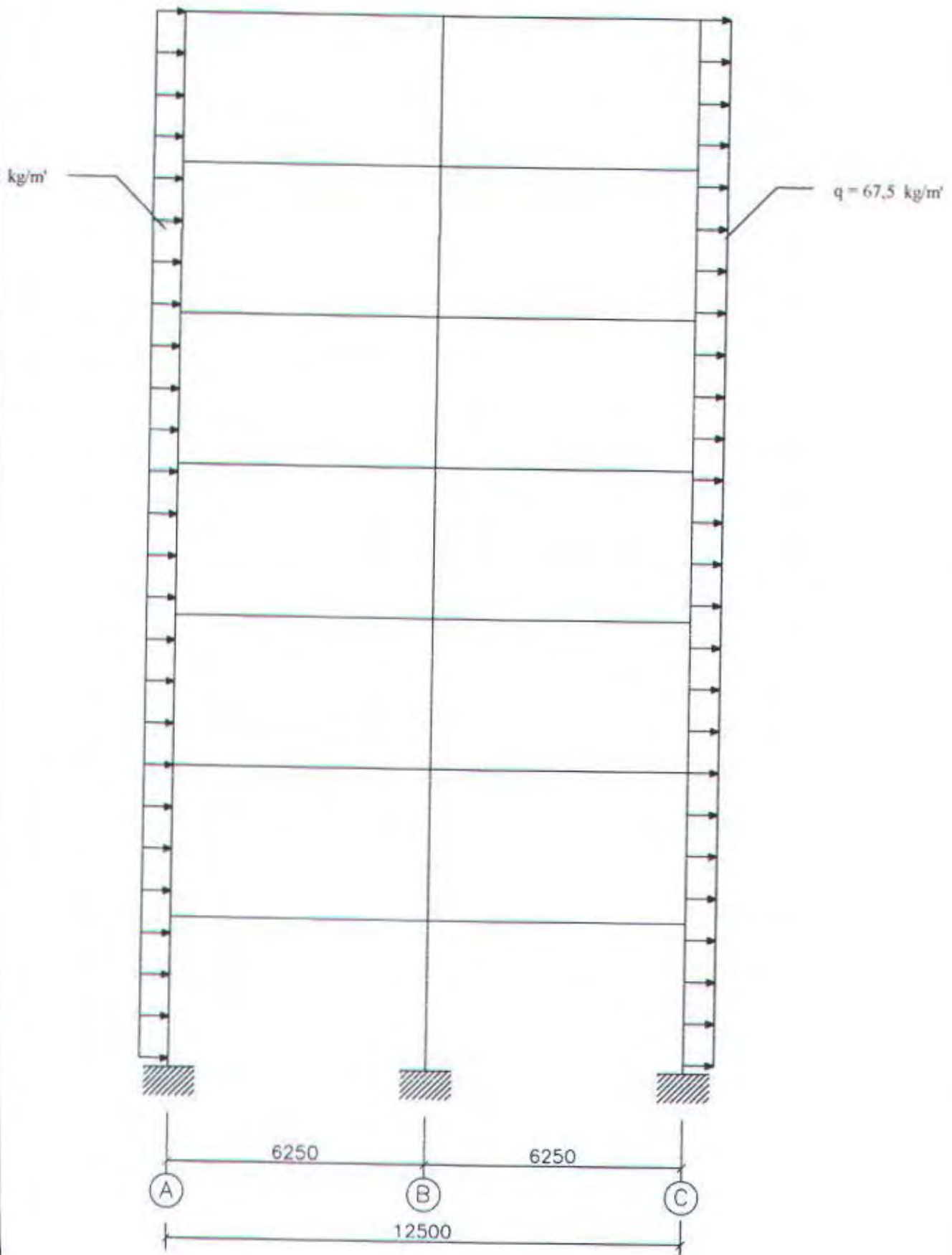
Portal Melintang as 2 Akibat Beban Angin



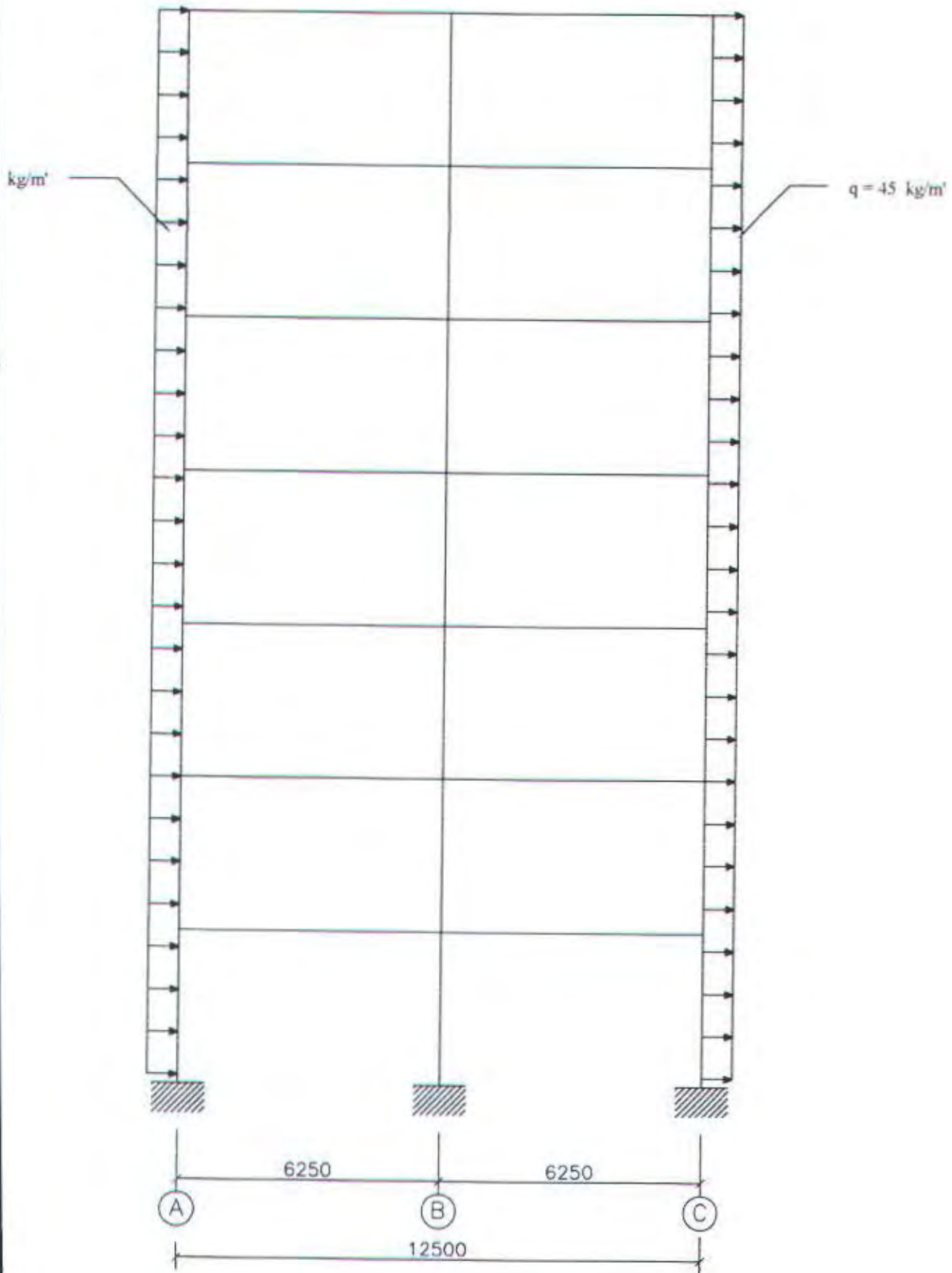
Portal Melintang as 3 Akibat Beban Angin



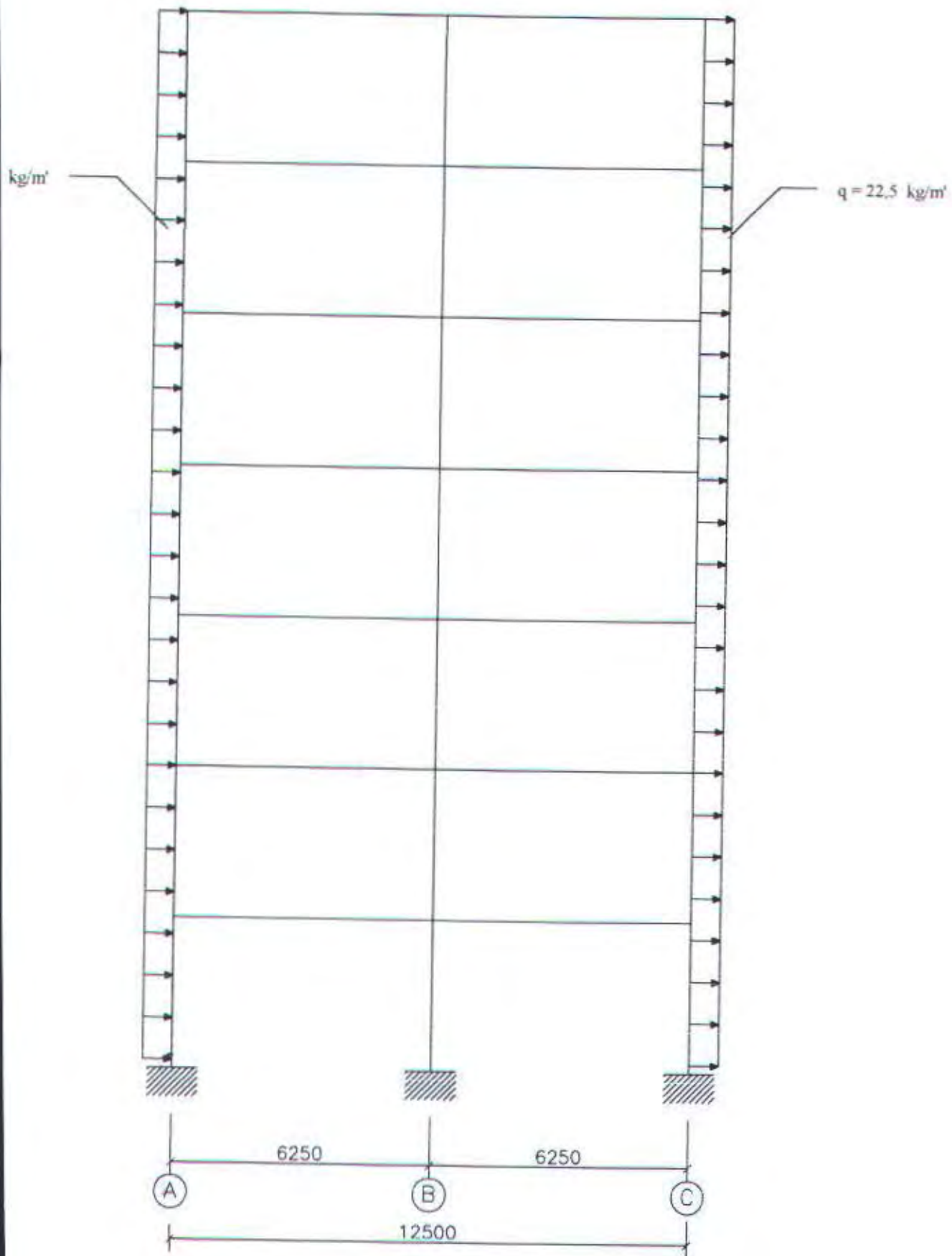
Portal Melintang as 4 Akibat Beban Angin



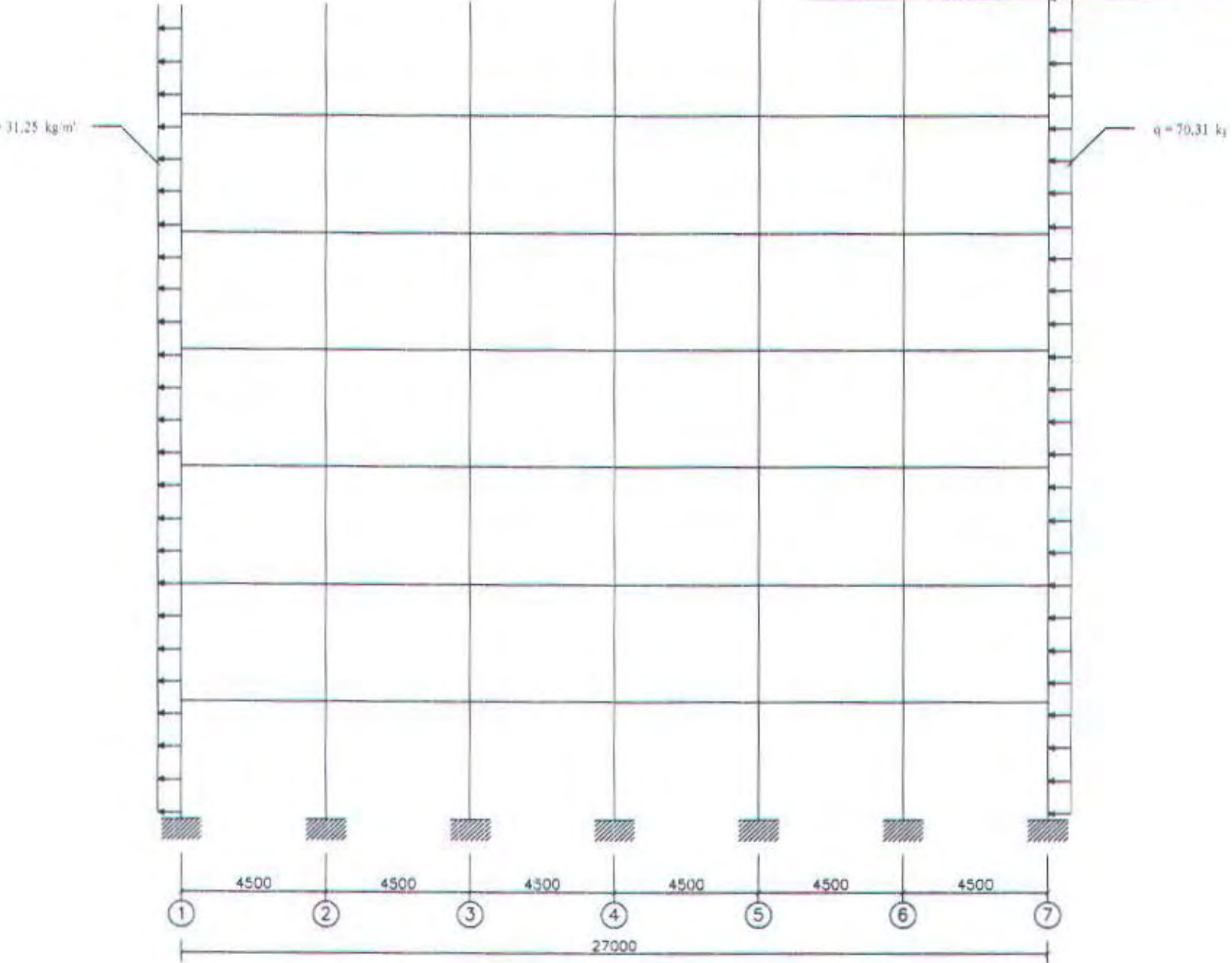
Portal Melintang as 5 Akibat Beban Angin



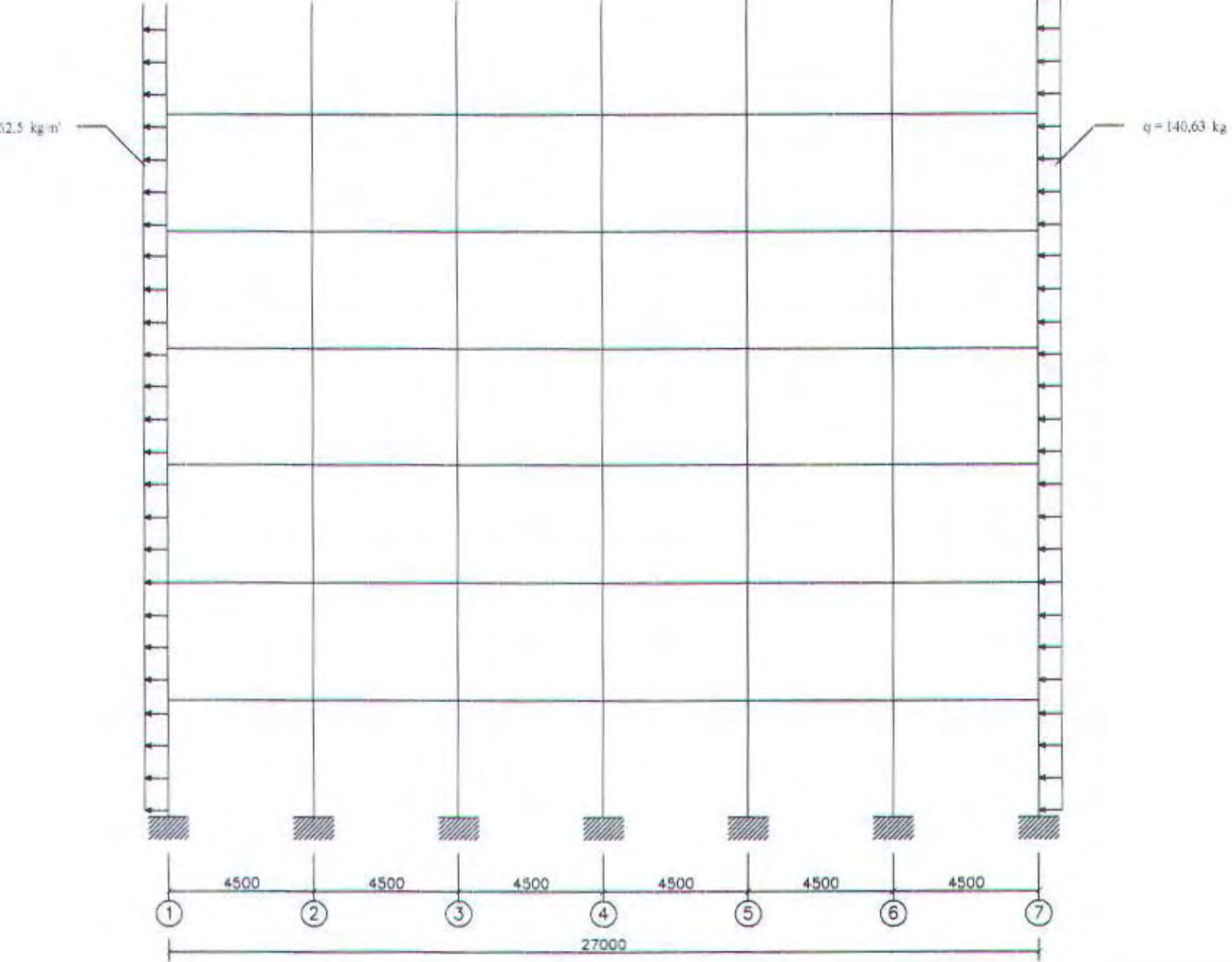
Portal Melintang as 6 Akibat Beban Angin



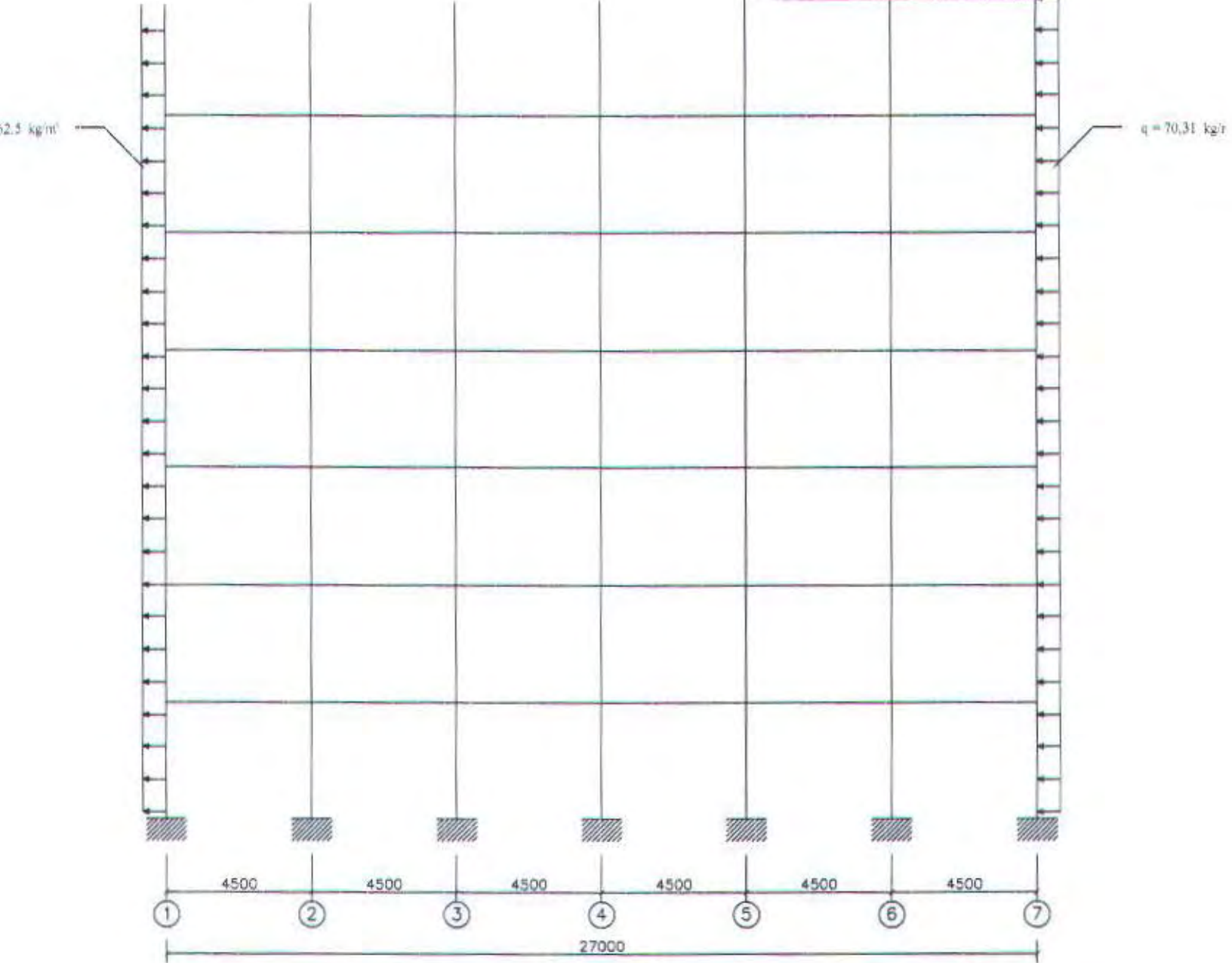
Portal Melintang as 7 Akibat Beban Angin



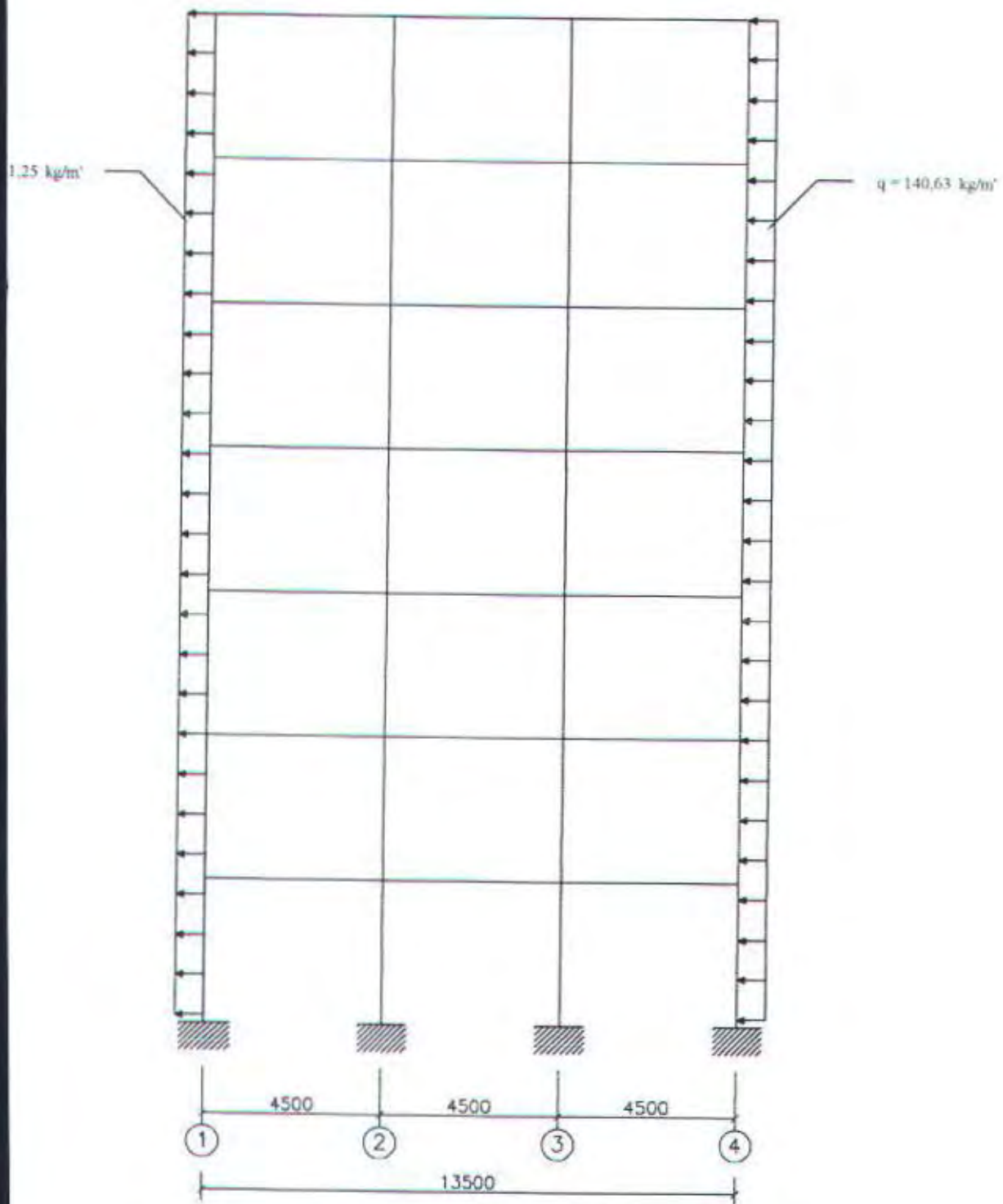
Portal Memanjang as A Akibat Beban Angin



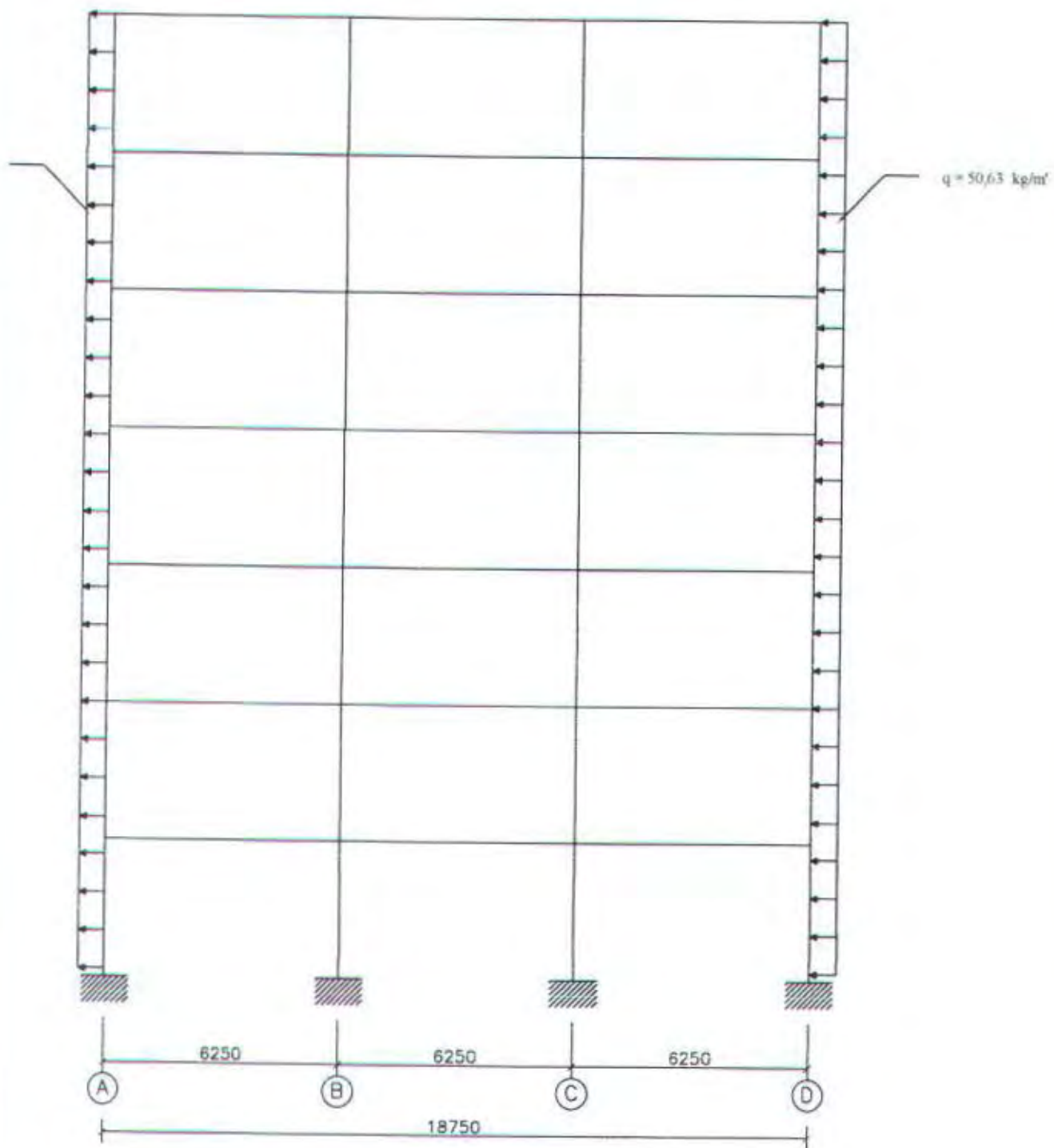
Portal Memanjang as B Akibat Beban Angin



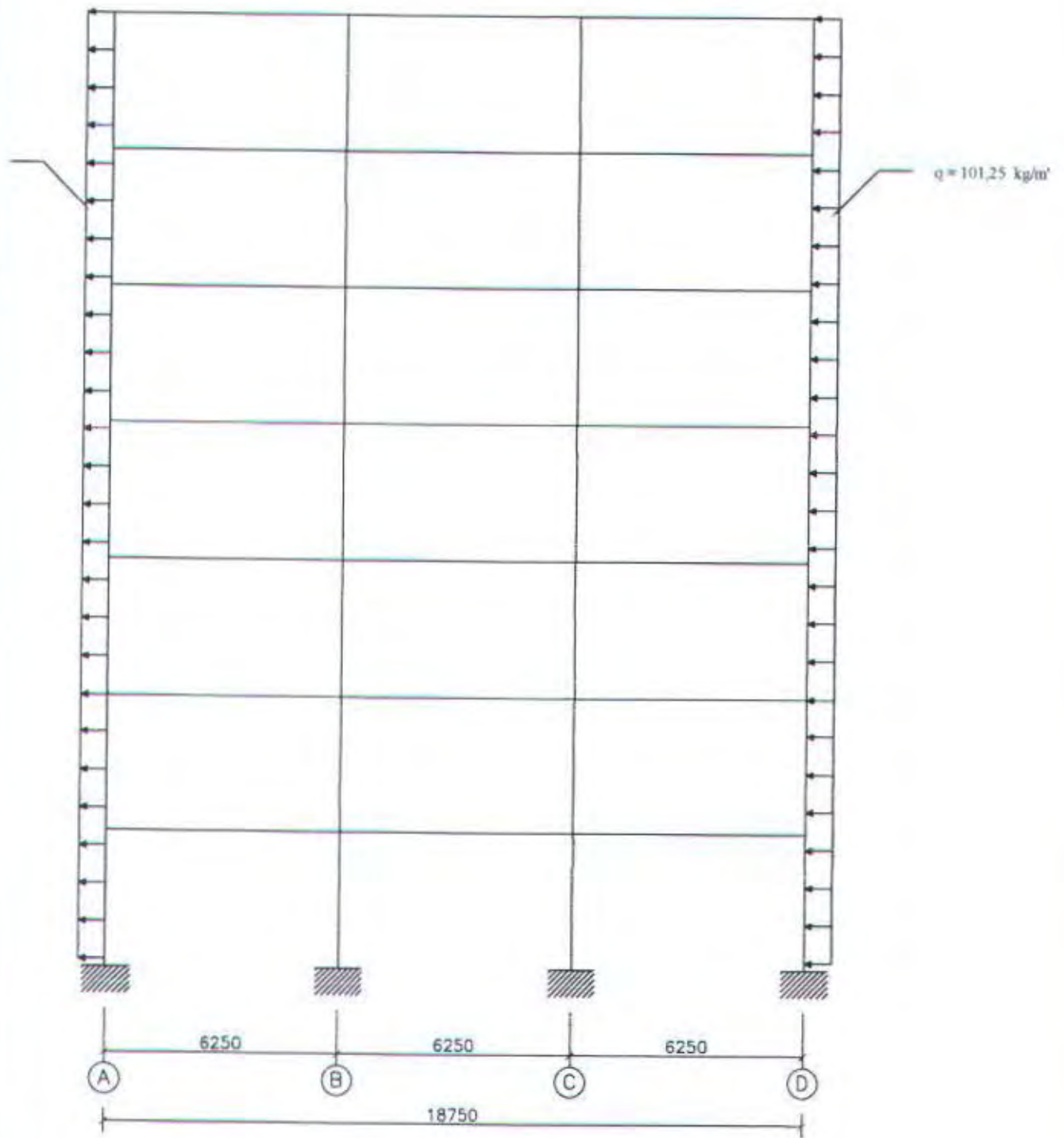
Portal Memanjang as C Akibat Beban Angin



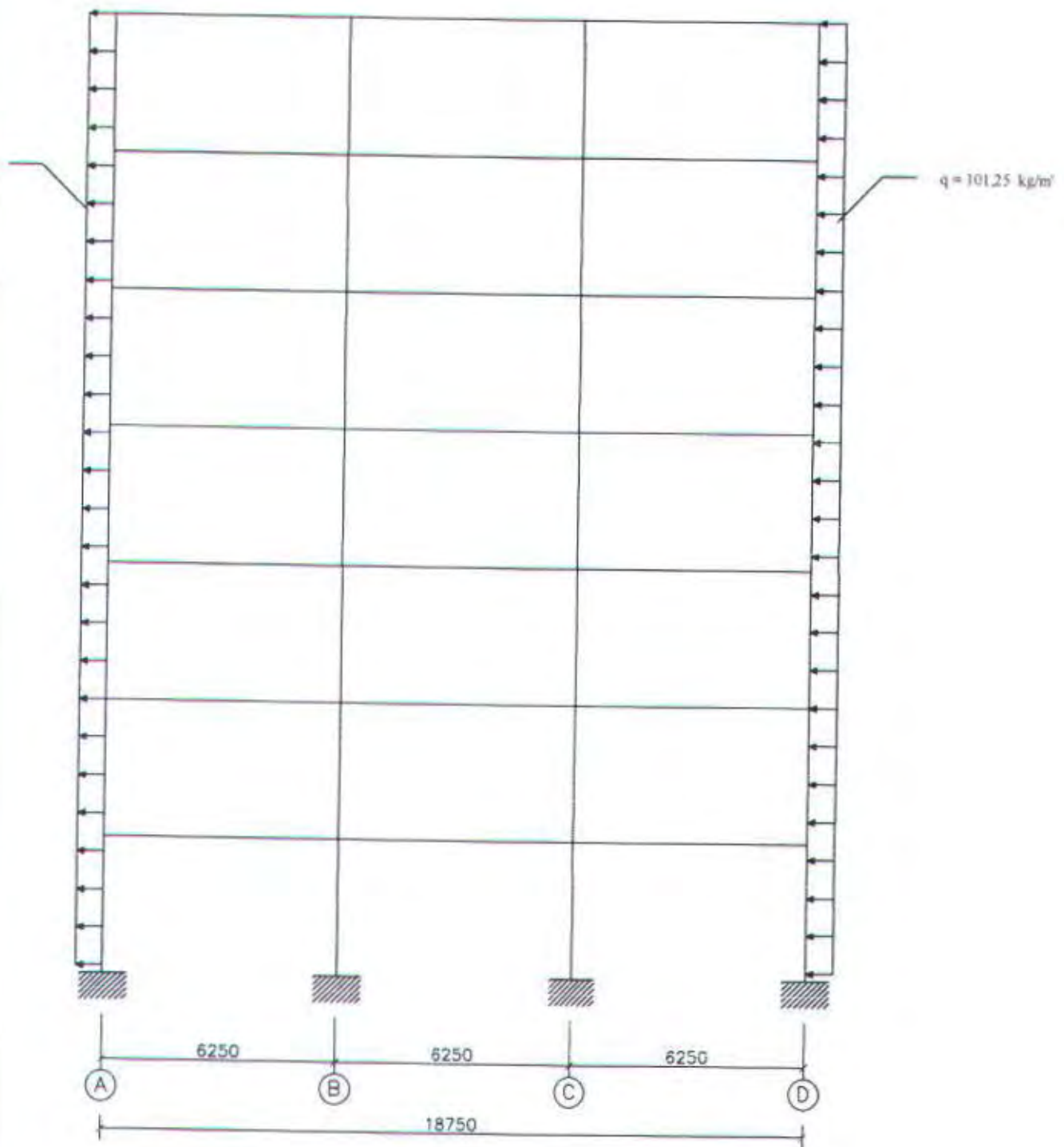
Portal Memanjang as D Akibat Beban Angin



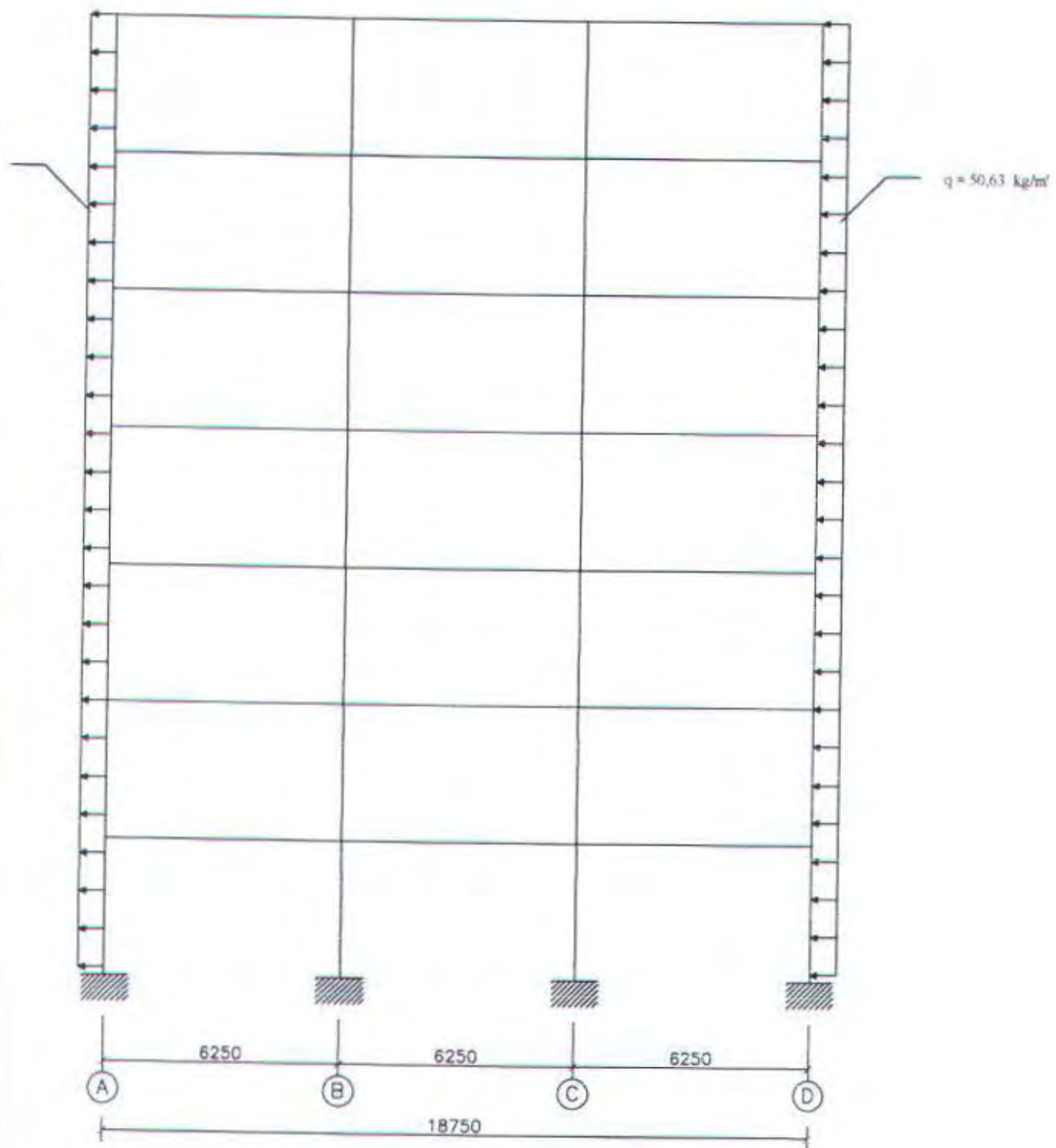
Portal Melintang as 1 Akibat Beban Angin



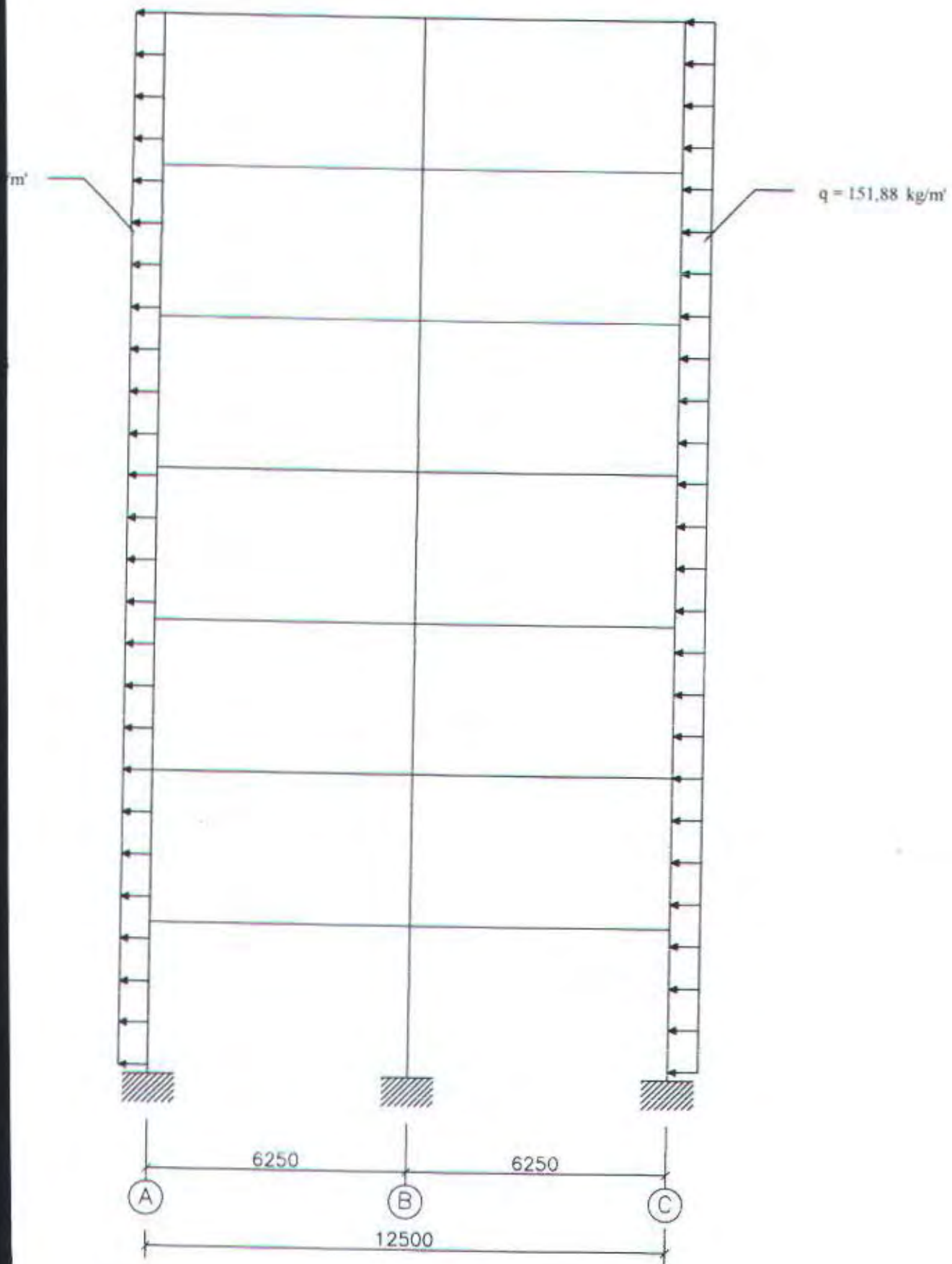
Portal Melintang as 2 Akibat Beban Angin



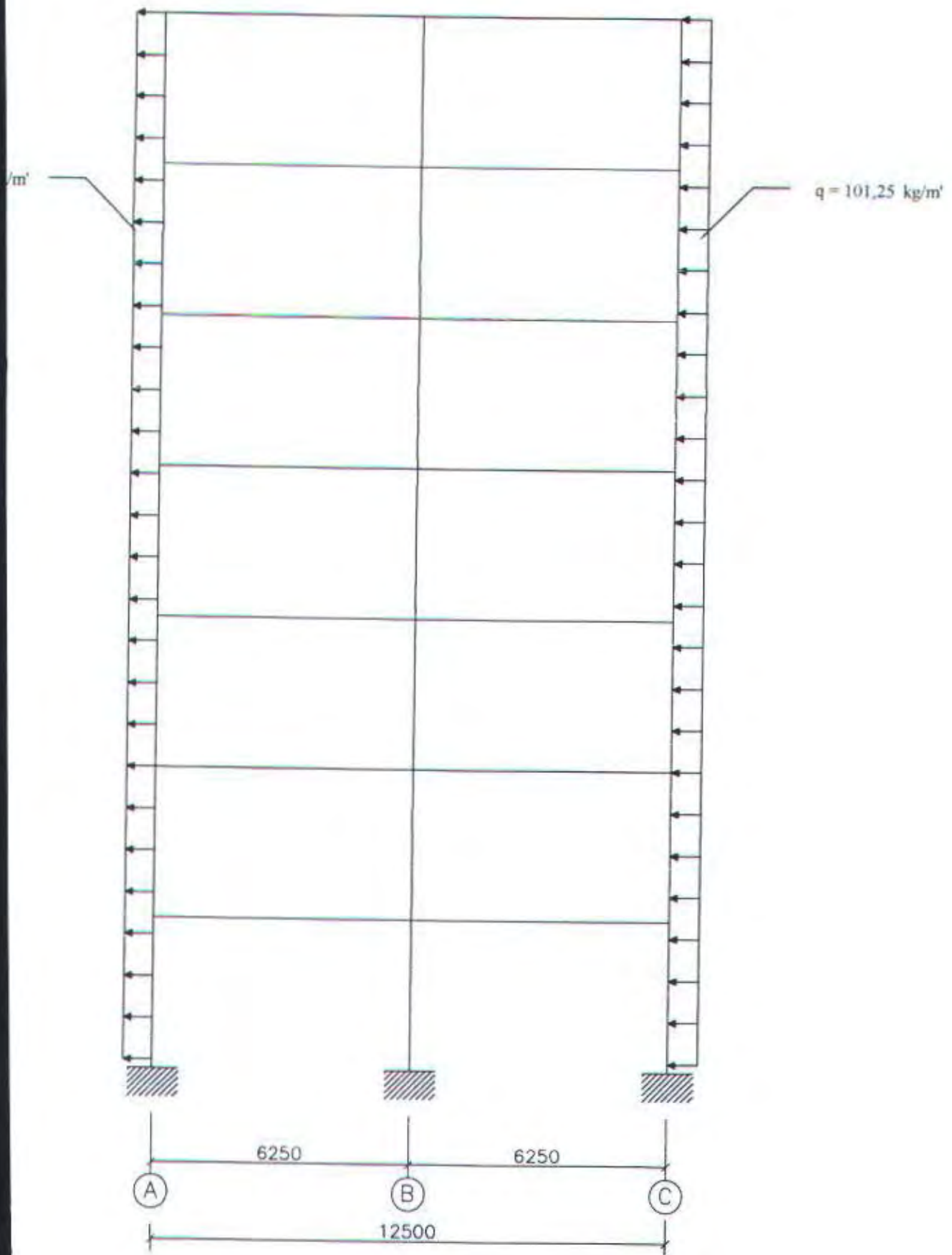
Portal Melintang as 3 Akibat Beban Angin



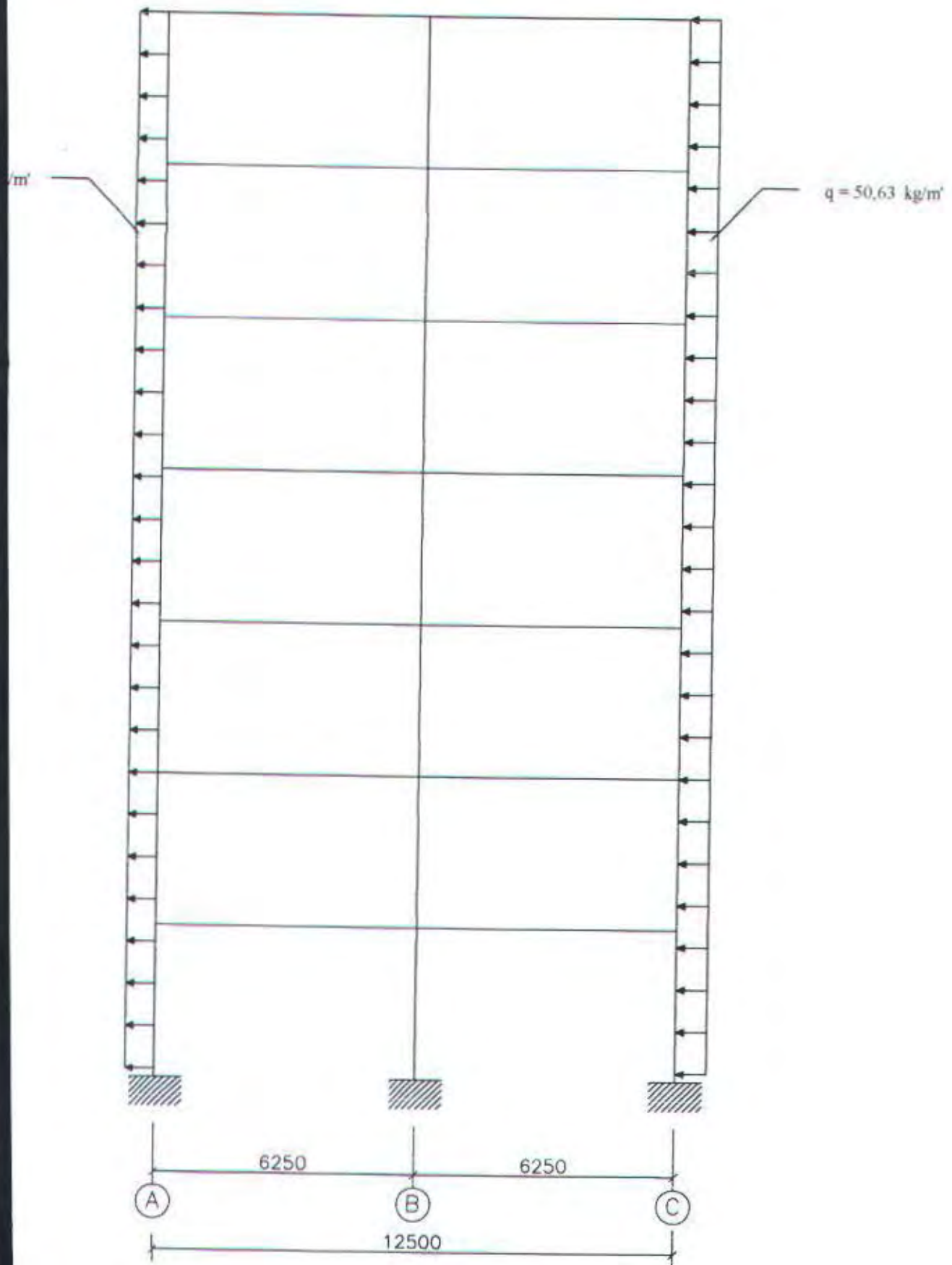
Portal Melintang as 4 Akibat Beban Angin



Portal Melintang as 5 Akibat Beban Angin



Portal Melintang as 6 Akibat Beban Angin



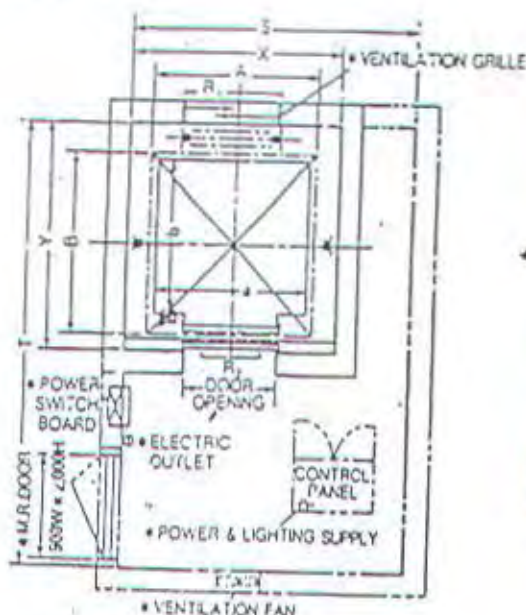
Portal Melintang as 7 Akibat Beban Angin

STANDARD SPECIFICATION OF PASSENGER ELEVATOR

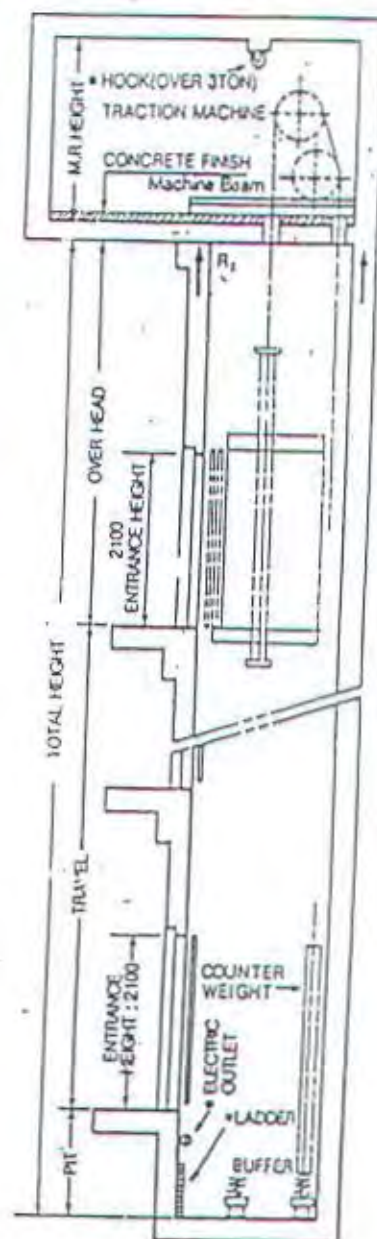
EED (/min)	CAPACITY		OPEN- ING mm	CAR SIZE		HOISTWAY				MACHINE ROOM SIZE				REACTION	
	PERS ONS	kg		INSIDE	OUTSIDE	SIMPLEX		DUPLEX		SIMPLEX		DUPLEX		R ₁	R ₂
				a×b	A×B	X	Y	X	Y	S	T	S	T	kg	kg
	6	450	800	1,400×850	1,450×1,032	1,750	1,450	3,600	1,450	2,100	3,200	4,150	3,200	3,000	2,000
	8	550	800	1,400×1,030	1,450×1,212	1,800	1,530	3,650	1,530	2,100	3,400	4,200	3,400	4,050	2,220
	9	600	800	1,400×1,100	1,450×1,282	1,800	1,700	3,650	1,700	2,100	3,600	4,200	3,600	4,100	2,450
	10	650	800	1,400×1,250	1,450×1,432	1,800	1,830	3,650	1,830	2,200	3,600	4,200	3,600	4,200	2,810
	11	750	800	1,400×1,350	1,450×1,532	1,800	1,930	3,650	1,930	2,200	3,700	4,200	3,700	4,550	2,700
	13	900	900	1,600×1,350	1,650×1,532	2,050	2,000	4,250	2,000	2,350	3,700	4,800	3,700	5,100	3,750
	15	1,000	900	1,600×1,500	1,650×1,682	2,050	2,170	4,200	2,150	2,350	3,850	4,800	3,850	5,450	4,300
	17	1,150	1,000	1,800×1,500	1,890×1,700	2,300	2,250	4,700	2,250	2,600	3,900	5,100	3,900	6,500	5,100
			1,100	2,000×1,350	2,090×1,547	2,500	2,100	5,100	2,100	2,800	3,800	5,500	4,500		
	20	1,350	1,000	1,800×1,700	1,890×1,897	2,300	2,450	4,700	2,450	2,600	4,200	5,100	4,200	7,800	6,000
			1,100	2,000×1,500	2,090×1,700	2,500	2,250	5,100	2,250	2,800	4,000	5,500	4,000		
	24	1,600	1,100	2,000×1,750	2,090×1,947	2,500	2,500	5,100	2,500	2,900	4,300	5,650	4,300	8,500	6,800
			1,100	2,150×1,600	2,240×1,797	2,650	2,350	5,400	2,350	3,050	4,200	5,950	4,200		
	8	550	800	1,400×1,030	1,450×1,212	1,800	1,530	3,650	1,530	2,200	4,500	4,300	4,500	4,200	2,500
	9	600	800	1,400×1,100	1,450×1,282	1,800	1,700	3,650	1,700	2,200	4,700	4,300	4,700	4,500	3,100
	10	650	800	1,400×1,250	1,450×1,432	1,800	1,830	3,650	1,830	2,200	5,000	4,300	5,000	4,900	3,400
	11	750	800	1,400×1,350	1,450×1,532	1,800	1,930	3,650	1,930	2,200	5,200	4,300	5,200	4,900	3,400
	13	900	900	1,600×1,350	1,650×1,532	2,100	2,100	4,300	2,100	2,500	5,200	4,800	5,200	5,500	4,100
	15	1,000	900	1,500×1,500	1,650×1,682	2,100	2,250	4,300	2,250	2,500	5,300	4,800	5,300	6,100	4,500
			1,000	1,800×1,300	1,850×1,482	2,300	2,100	4,600	2,100	2,700	5,100	5,000	5,100		
	17	1,150	1,000	1,800×1,500	1,890×1,700	2,300	2,250	4,700	2,250	2,800	5,500	5,250	5,500	9,400	7,750
			1,100	2,000×1,350	2,090×1,547	2,500	2,100	5,100	2,100	3,000	5,500	5,650	5,500		
	20	1,350	1,000	1,800×1,700	1,890×1,897	2,300	2,450	4,700	2,450	2,800	5,900	5,250	5,900	10,000	8,250
			1,100	2,000×1,500	2,090×1,700	2,500	2,250	5,100	2,250	3,000	5,500	5,650	5,500		
	24	1,600	1,100	2,000×1,750	2,090×1,947	2,500	2,500	5,100	2,500	3,000	6,100	5,650	6,100	11,550	8,500
			1,100	2,150×1,600	2,240×1,797	2,650	2,350	5,400	2,350	3,150	5,900	5,950	5,900		

HOISTWAY & MACHINE ROOM

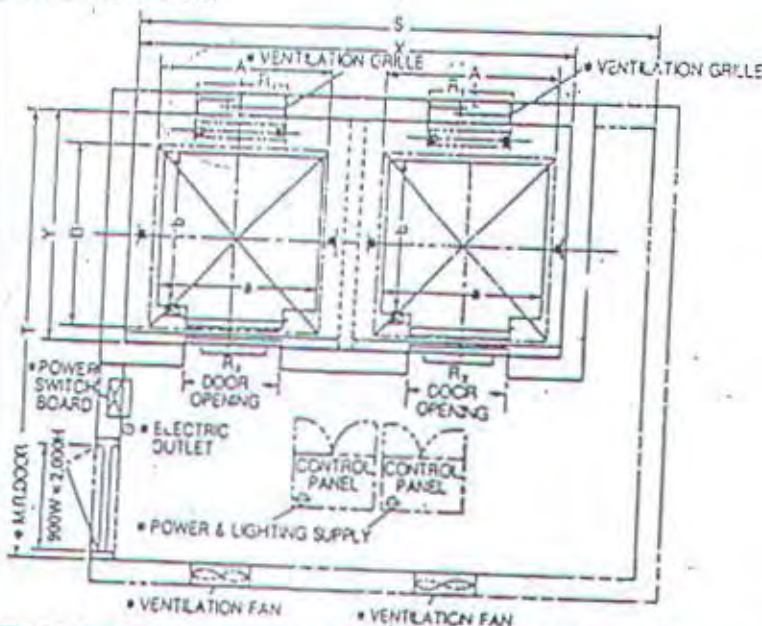
SIMPLEX TYPE



ELEVATION SECTION



DUPLEX TYPE



DTE1. Considerations in hoistway

SPEED(m/ min)	60	90	105
V C ROOM HEIGHT(H)	2,200	2,200	2,200
VERHEAD(OH)	4,600	4,800	5,000
T(P)	1,500	1,800	2,100

NOTE2. Calculation formula of heat generation in machine room

$$\text{Kcal/H} = F \times L \times S$$
(Hour) (Factor) (Rated load(kg)) (Rated speed(m/min))
 F (Factor): 1/40

NOTE3. Items marked* shall be furnished by the building contractor.

NOTE4. The ventilation grille, fan and, anti-vibration structure should be furnished so that the temperature in machine room may be maintained under 40°C and humidity under 90%.

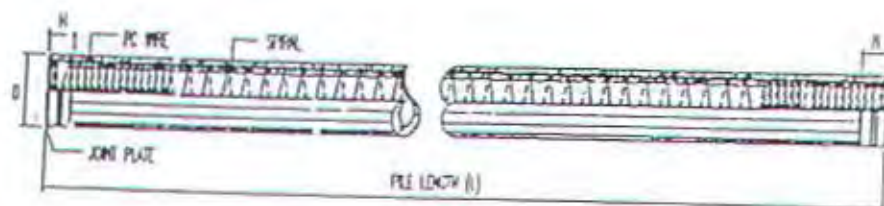
Design and Manufacturing Reference

Item	Reference	Description
Design	JIS A 5335 - 1985	Prestressed Spun Concrete Piles
	ACI 543R-74/ 1980	Recommendation for Design, Manufacture and Installation of Concrete Piles
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes
Manufacturing	JIS A 5335 - 1985 WKA-11-BK-007	Prestressed Spun Concrete Piles Piles Manufacturing Works Instruction

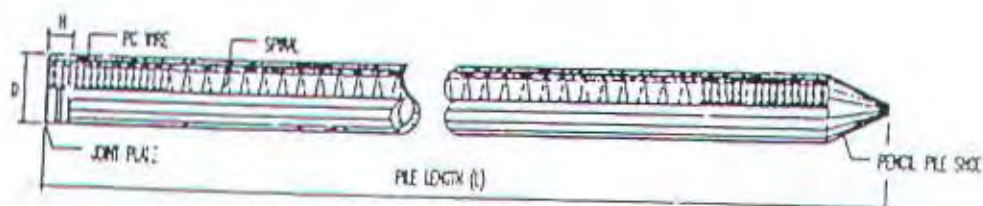
Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1985	Standard specification for Concrete Aggregates	
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	
Cement	SII 0013 - 1981	Quality and testing method of Portland cements	Standard Product type I Special order: type-II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard specification for chemical admixture for concrete	Type-A: water reducing admixtures
Concrete	JIS A 1132 - 1985	Method of Making and Curing Concrete Specimens	
	JIS A 1108 - 1985	Method of Test Compressive Strength of Concrete	
	NI 2 - PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	Compressive Strength at 28 days : 600 kgf/ cm ²
PC Wire	JIS G 3536 - 1985	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD1
Spiral Wire	JIS A 3532 - 1985	Low Carbon Steel Wire	SWMA
Joint Plate	JIS G 3101 - 1987	Rolled steel for general structure	SS 41
Welding	ANSI/ AWS D1.1-1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A 5.1/ E 6013 NIKKO STEEL RB26/ RD 260, UON-26, or Equivalen

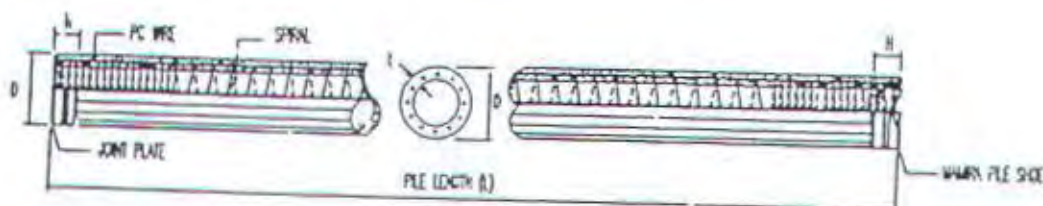
SHAPE AND DIMENSIONS



MIDDLE PILE



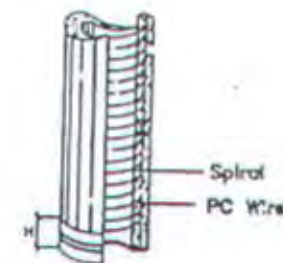
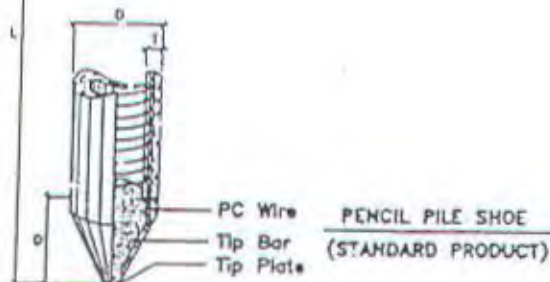
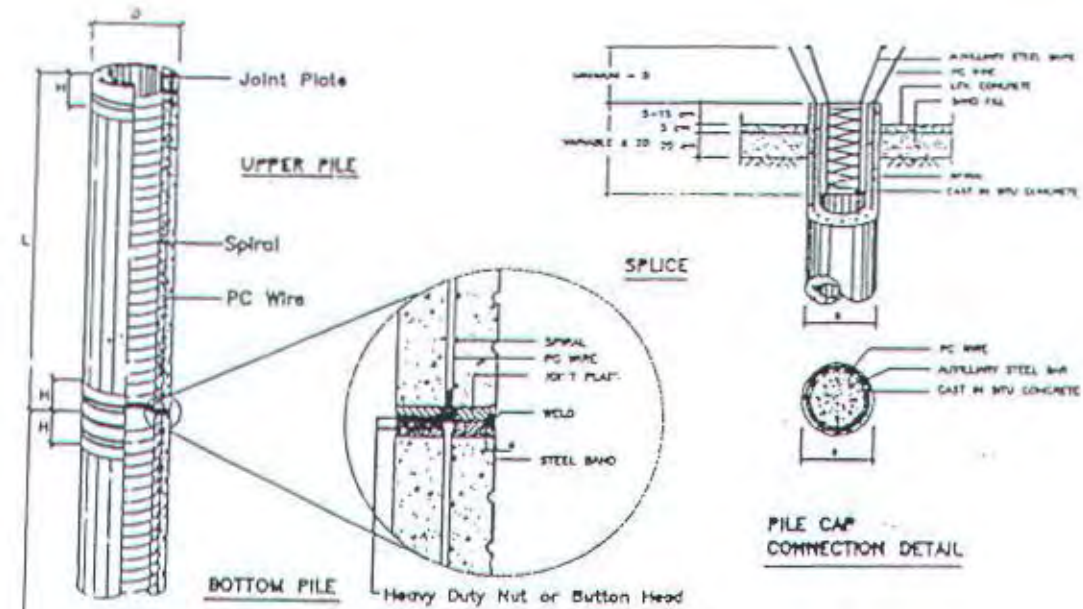
BOTTOM PILE (PENCIL SHOE)
(STANDARD PRODUCT)



BOTTOM PILE (MAMIRA SHOE)
(SPECIAL DESIGN)

Outside Diameter (D-mm)	Wall Thickness (T-mm)	Length of ¹⁾ Single Pile (L-m)	Steel Band ²⁾ Length (H-mm)	Pencil Shoe Length (D-mm)	Unit Weight ³⁾ (W - kg/m)
300	60	6 - 13	100	300	110
350	65	6 - 15	100	350	140
400	75	6 - 16	150	400	200
450	80	6 - 16	150	450	240
500	90	6 - 16	150	500	300
600	100	6 - 16	150	600	400

PILE HEAD, SPLICE & SHOE



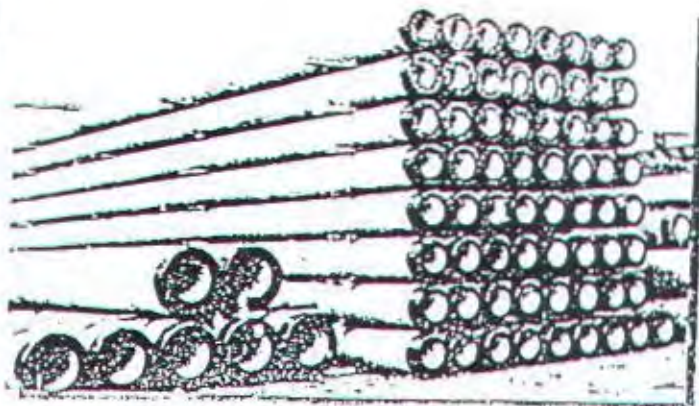
Manira Pile Shoe
(Special design)

**Thickness
of Weld**

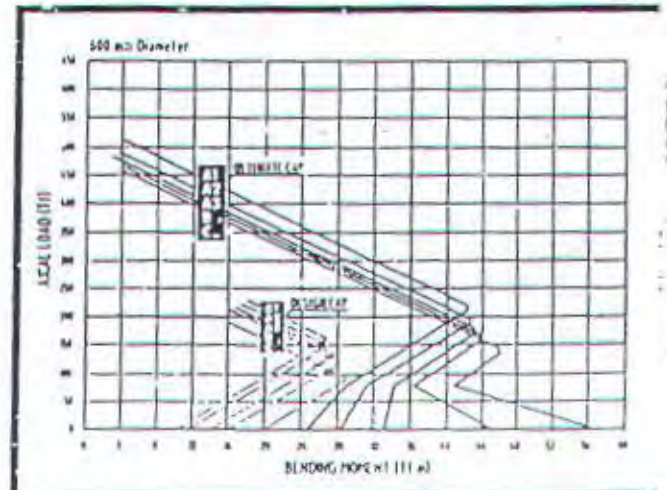
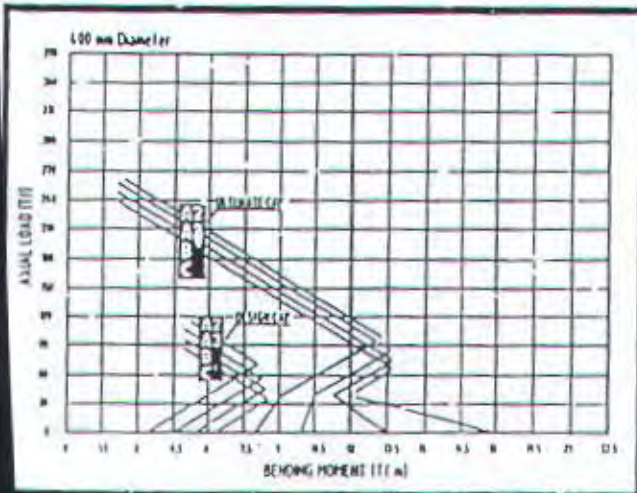
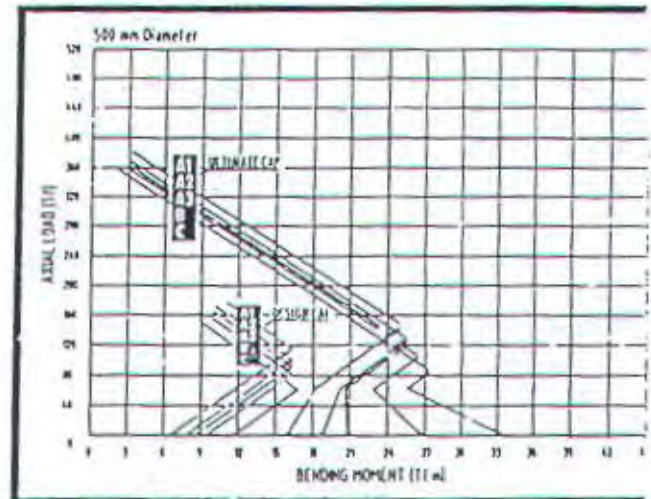
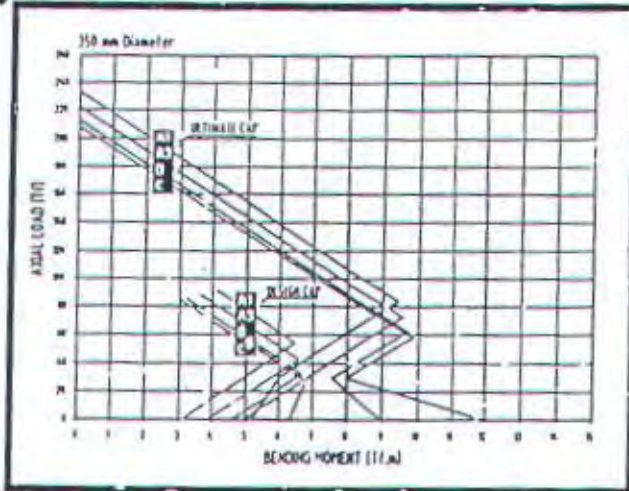
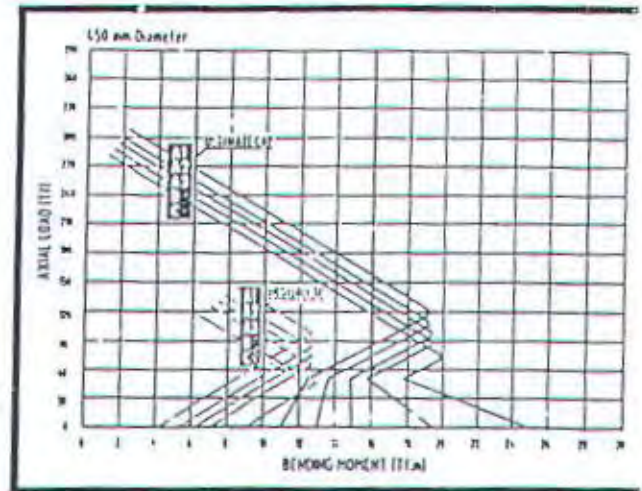
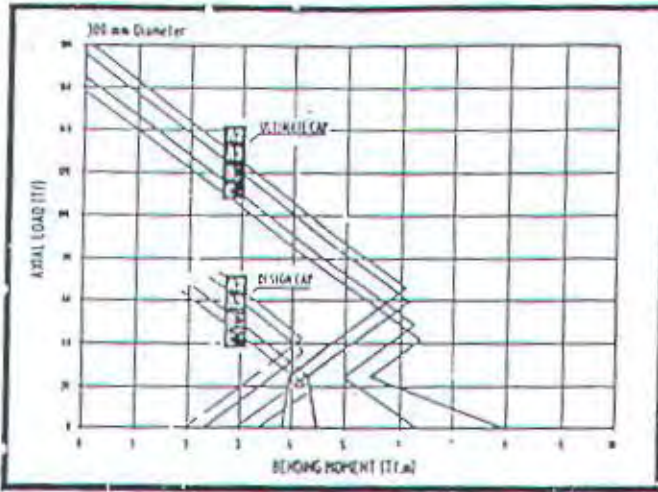
D (mm)	T (mm)	H (mm)	a (mm)
300	60	100	8
350	65	100	10
400	75	150	10
450	80	150	10
500	90	150	10
600	100	150	10

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Bending Moment Capacity (tf.m)		Allowable Axial Load (tf)
					Crack	Ultimate	
300	60	A2	452	2368,70	2,50	1,75	72,60
		A3		2389,60	3,00	2,50	70,75
		B		2431,40	3,50	3,00	67,50
		C		2478,70	4,00	3,00	65,40
						8,00	
350	65	A1	502	3646,00	3,50	5,25	93,10
		A3		3693,90	4,20	6,30	89,50
		B		3741,70	5,00	8,00	86,40
		C		3787,60	6,00	12,00	85,00
400	75	A2	765	5483,50	5,50	8,25	121,10
		A3		5537,40	6,50	9,75	117,60
		B		5591,30	7,50	11,50	114,40
		C		5678,20	9,00	18,00	111,50
450	80	A1	925	7591,60	7,50	11,25	149,50
		A2		7655,60	8,50	12,75	145,80
		A3		7717,10	10,0	15,00	143,80
		B		7783,80	11,0	19,80	139,10
		C		7929,00	12,50	25,00	136,90
500	90	A1	1159	10505,00	10,50	15,75	185,30
		A2		10579,30	12,50	18,75	181,70
		A3		10653,50	14,00	21,00	178,20
		B		10727,80	15,00	27,00	174,90
		C		10944,60	17,00	34,00	169,00
600	100	A1	1570	17482,80	17,00	25,50	252,70
		A2		17577,70	19,00	28,50	249,00
		A3		17792,70	22,00	33,00	243,20
		B		17949,60	25,00	45,00	238,30
		C		18263,40	29,00	58,00	229,50

- Notes: 1) Pile are generally comply to RS A 5335 - 1985 and modified to suit to ACI 543 - 1979, JSCE and PBI - 1971
 2) Specified concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days
 3) Allowable axial load is applicable to pile acting as a short pile



INTERACTION DIAGRAM OF BENDING MOMENT & AXIAL LOAD CAPACITY

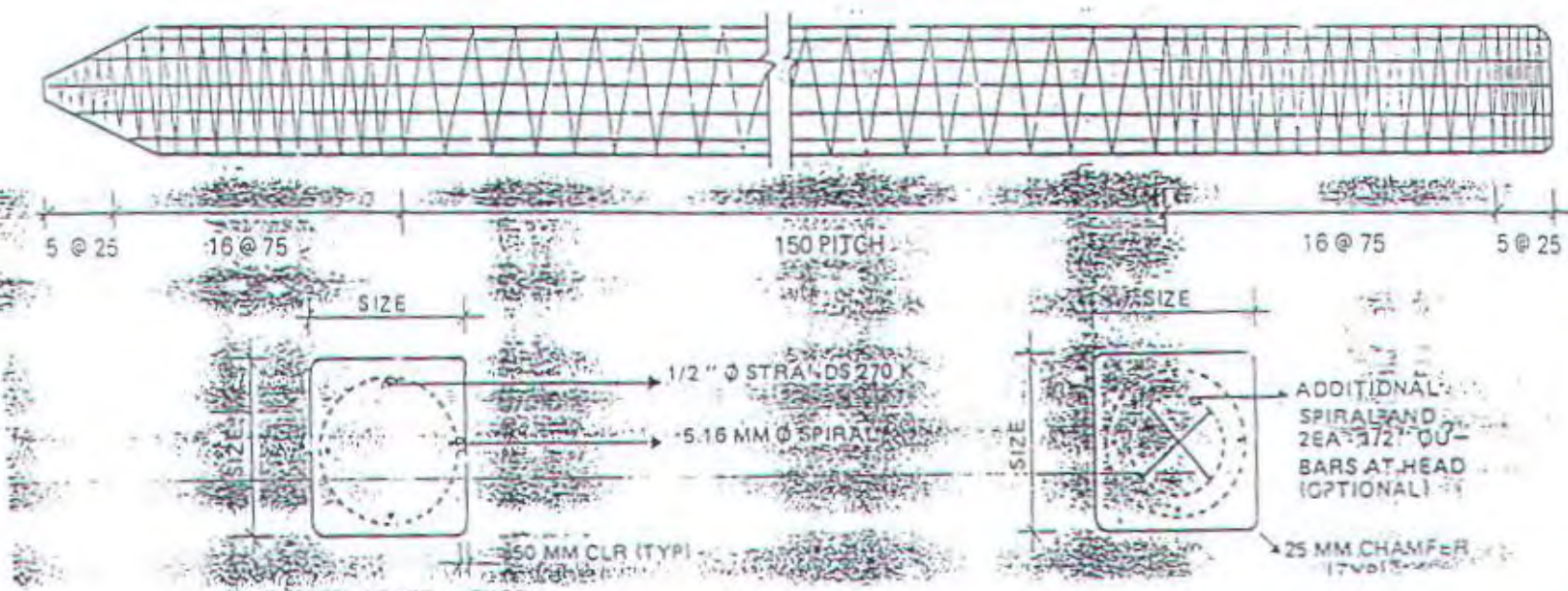


LENGTH OF PILES/No. OF STRAND							AREA	WEIGHT	K 450 CONC		
12 M	13-14 M	15-16 M	17-18 M	19-20 M	21-22 M	23-25 M	MM ²	KG/M	AXIAL LOAD MT	MU KG/M	A ₁ LOA
4- 9.52	4- 9.52	-	-	-	-	-	40,000	96	42	1.319	
4- 9.52	4- 9.52	5- 9.52	6- 9.52	4- 12.70	-	-	62,500	150	61	2.579	
4- 9.52	5- 9.52	6- 9.52	4- 12.70	5- 12.70	6- 12.70	-	90,000	216	90	4.465	1
4- 9.52	5- 9.52	4- 12.70	5- 12.70	6- 12.70	7- 12.70	9- 12.70	122,500	295	122	7.082	1
4- 12.70	4- 12.70	5- 12.70	6- 12.70	7- 12.70	8- 12.70	10- 12.70	160,000	385	160	10.561	1
5- 12.70	5- 12.70	6- 12.70	7- 12.70	8- 12.70	9- 12.70	11- 12.70	202,500	487	204	15.060	23
6- 12.70	6- 12.70	7- 12.70	8- 12.70	9- 12.70	11- 12.70	13- 12.70	250,000	602	251	20.641	20

IONS :

ressing strands shall be uncoated, bright seven-wire, stress relieved 270K meeting ASTM A-416.
 l shall be formed from cold drawn bright basic wire meeting ASTM A-82 or 6 mm O bar U-24.
 can be designed to meet clients' design criteria.

PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE SOLID SQUARE PILES



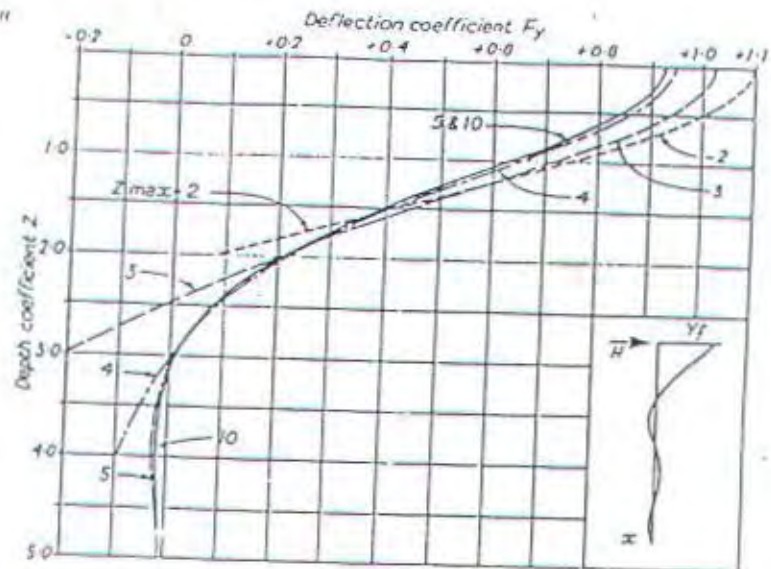
$\delta = 0$

ξ	ϕ	ζ	$100n\omega$	C_2	C_b
0.141	6.092	0.953	1.157	9.522	3.858
0.142	6.042	0.953	1.175	9.451	3.845
0.143	5.993	0.952	1.193	9.381	3.832
0.144	5.944	0.952	1.211	9.312	3.820
0.145	5.896	0.952	1.230	9.244	3.807
0.146	5.849	0.951	1.248	9.178	3.795
0.147	5.803	0.951	1.267	9.111	3.782
0.148	5.757	0.951	1.285	9.046	3.770
0.149	5.711	0.950	1.304	8.982	3.758
0.150	5.667	0.950	1.324	8.918	3.746
0.151	5.622	0.950	1.343	8.855	3.734
0.152	5.579	0.949	1.362	8.793	3.723
0.153	5.536	0.949	1.382	8.732	3.711
0.154	5.494	0.949	1.404	8.672	3.700
0.155	5.452	0.948	1.422	8.612	3.689
0.156	5.410	0.948	1.442	8.554	3.677
0.157	5.369	0.948	1.462	8.496	3.666
0.158	5.329	0.947	1.482	8.438	3.655
0.159	5.289	0.947	1.503	8.382	3.644
0.160	5.250	0.947	1.524	8.326	3.634
0.161	5.211	0.946	1.545	8.271	3.623
0.162	5.173	0.946	1.566	8.216	3.612
0.163	5.135	0.946	1.587	8.162	3.602
0.164	5.098	0.945	1.609	8.109	3.592
0.165	5.061	0.945	1.630	8.057	3.581
0.166	5.024	0.945	1.652	8.007	3.571
0.167	4.988	0.944	1.674	7.954	3.561
0.168	4.952	0.944	1.696	7.903	3.551
0.169	4.917	0.944	1.718	7.853	3.541
0.170	4.882	0.943	1.741	7.803	3.531

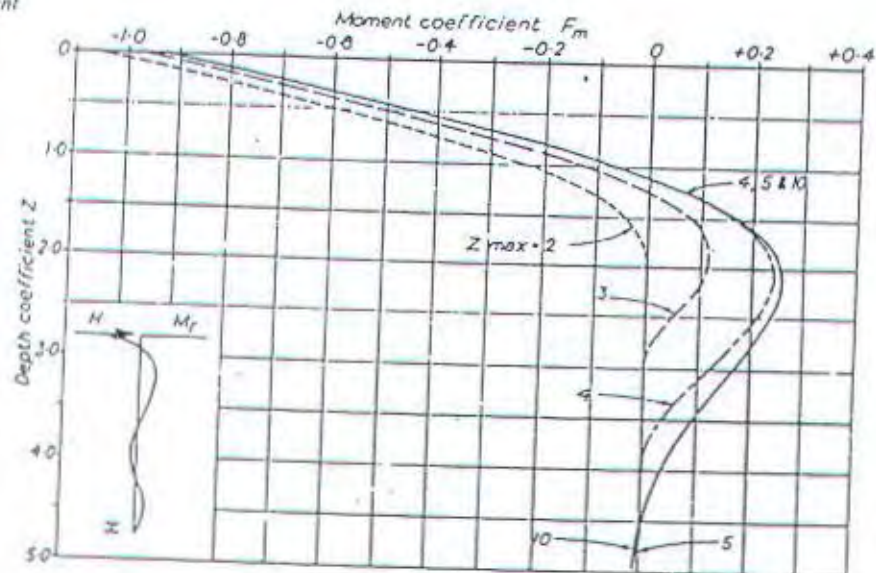
 $\delta = 0$

ξ	ϕ	ζ	$100n\omega$	C_2
0.171	4.848	0.943	1.764	7.754
0.172	4.814	0.943	1.786	7.704
0.173	4.780	0.942	1.810	7.654
0.174	4.747	0.942	1.833	7.610
0.175	4.714	0.942	1.856	7.566
0.176	4.682	0.941	1.880	7.518
0.177	4.650	0.941	1.903	7.471
0.178	4.618	0.941	1.927	7.427
0.179	4.586	0.940	1.951	7.381
0.180	4.556	0.940	1.976	7.338
0.181	4.525	0.940	2.000	7.294
0.182	4.494	0.939	2.025	7.251
0.183	4.464	0.939	2.050	7.208
0.184	4.435	0.939	2.074	7.166
0.185	4.405	0.938	2.100	7.124
0.186	4.376	0.938	2.125	7.083
0.187	4.348	0.938	2.151	7.042
0.188	4.319	0.937	2.176	7.001
0.189	4.291	0.937	2.202	6.961
0.190	4.263	0.937	2.228	6.922
0.191	4.236	0.936	2.255	6.882
0.192	4.208	0.936	2.281	6.884
0.193	4.181	0.936	2.308	6.805
0.194	4.155	0.935	2.335	6.767
0.195	4.128	0.935	2.362	6.729
0.196	4.102	0.935	2.389	6.692
0.197	4.076	0.934	2.416	6.665
0.198	4.050	0.934	2.444	6.618
0.199	4.025	0.934	2.472	6.582
0.200	4.000	0.933	2.500	6.546

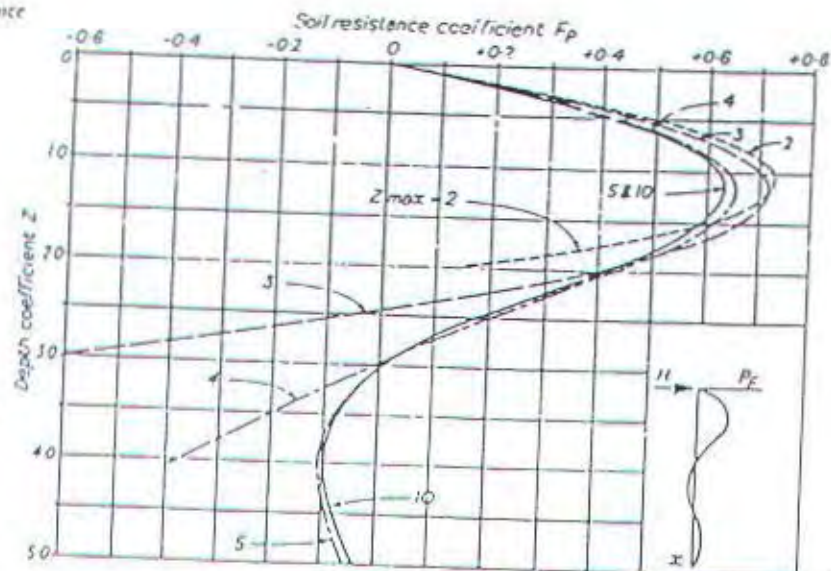
(a) Coefficients for deflection



(b) Coefficients for bending moment



(c) Coefficients for soil resistance



oor Deck

nggah lantai cor :

Deck adalah geladak baja yang ni, berkekuatan tinggi dan mem fungsi rangkap dalam konstruksi ton, yaitu sebagai bekisting tetap agai penulangan searah (positif). an-lembaran panel ini dibentuk at baja yang telah digalvani rata dan sempurna, ketebalan m dan 0.75 mm. Lembaran n panel ini dapat dibuat dan sesuai dengan panjang yang aki.

ngan :
Pasangan yang cepat -
gai pengganti tulangan

ji yang merupakan rusuk-rusuk tertanam dengan kuat beton yang membuat selu- anel menjadi tulangan positif uat sekali.

at kuat panel yang dibentuk baja berkekuatan tinggi itu akan bahan yang tidak mudah

anan terhadap kebakar-

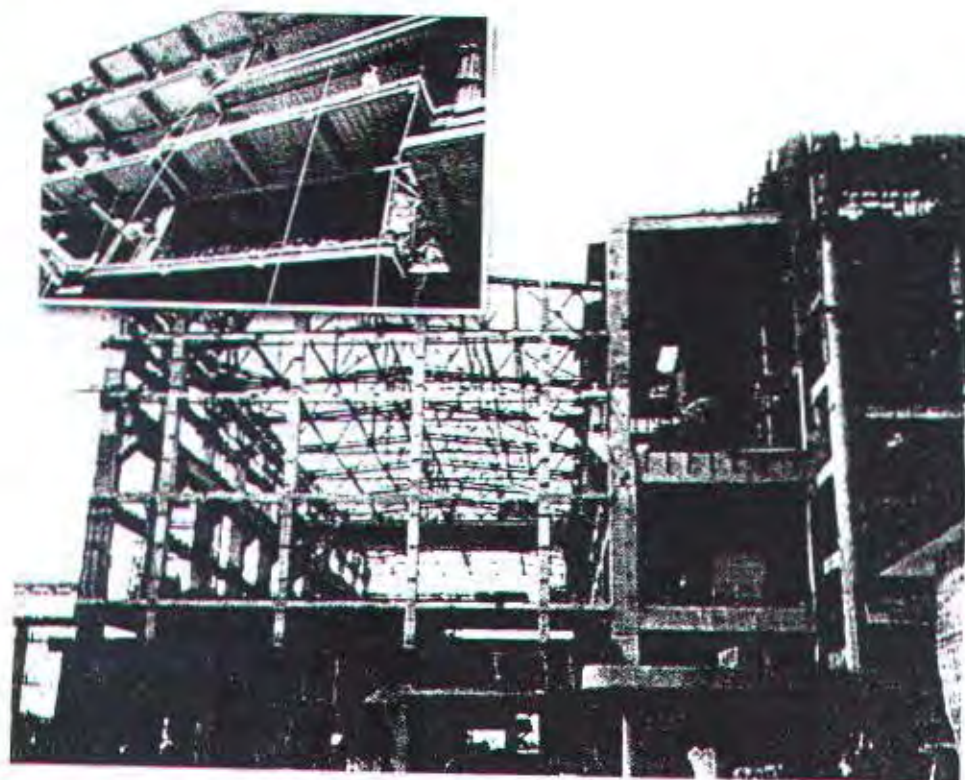
ksi pelat beton komposisi tanbahan penulangan kea terhadap kebakaran dapat an selama 2 jam walaupun h tidak dapat pelindung ntuk dapat daya tahan ebih besar dapat dilakukan memberi bahan pelindung bagian bawah geladak.

gan :

harus diletakkan pada balok- nikul, baik balok tengah balok akhir, Umurnya minimum 5 - Cm Bidang baik pada Konstruksi baja da pasangan batu-bata atau itu harus segera dimatikan / pada tumpuannya setelah n selesai guna menghindari geseran

an pada rangka kons-
on :

konstruksi ini Panel dek di agai benteng tunggal yaitu ok-balok pemikul dan untuk sit bentang menerus, maka atif harus dipasang diatas ul, Pelat beton komposit a satu dengan balok pemikul



Pada kerangkakonstruksi beton atau dinding pemikul Panel dek harus di matikan pada balok atau pada bekisting dinding dan ujung panel Panel dek harus masuk / menonjol hingga maksimum 2.5 cm kedalam balok-balok atau bagian tembok. Jika pelat merupakan bentang penerus yang mempunyai tulangan negatif di atas balok pemikul, Panel dek dapat diakhiri rata dengan balok pemikul atau tembok.

Pemasangan pada Kerangka Baja :

Panel dek degera dapat dipasang setelah kerangka baja selesai didirikan, dilot dan di waterpas Panel dek dipasang pada balok pemikul dengan mempergunakan las listrik atau dengan paku yang ditem bakkani. Dalam hal penggunaan las, panel diletakkan pada baja pemikul dengan cara -dilas pada bagian rata kaki rusuk-rusuk panel pada ujung-ujung panel, dengan

diameter cantuman las minimum 1 cm dilas pada bagian rata kaki rusuk betina setiap panel pada balok-balok pemikul tengah kawat las yang dipergunakan haruslah kawat las yang bermutu tinggi yang berukuran 3.25 mm dari baja Cellulose AC/DC. Pengelasan dilakukan dari atas ke bawah. Bilah dipergunakan paku, pakailah yang ukuran 4 mm dan yang cocok sebagai pengganti setiap cantuman las.

Pemasangan pada konstruksi dinding pasangan batu :

periksalah lebih dahulu apakah pasangan bata paling atas sudah lot dan water pas atau diratakan dengan plesteran yang waterpas serta rata satu dengan lainnya. Pasangan batu yang tidak rata akan mengakibatkan membebani setempat yang dapat menimbulkan terjadinya penurunan vertikal pecahnya pasangan bata terse- but. Bila panel dek tidak duduk sepe



or Deck

bidang pemikul, maka pasang dahulu isolasi yang cocok. bid diatas dinding pasangan Panel dek dipasang. k perlu diikatkan / dipakukan bata bila beton segera di cor dek selesai dipasang. tetapi dibutuhkan guna menghina oleh karena angin atau alamaman yang lain, sebaiknya pakau yang cocok.

an pada tumpangan

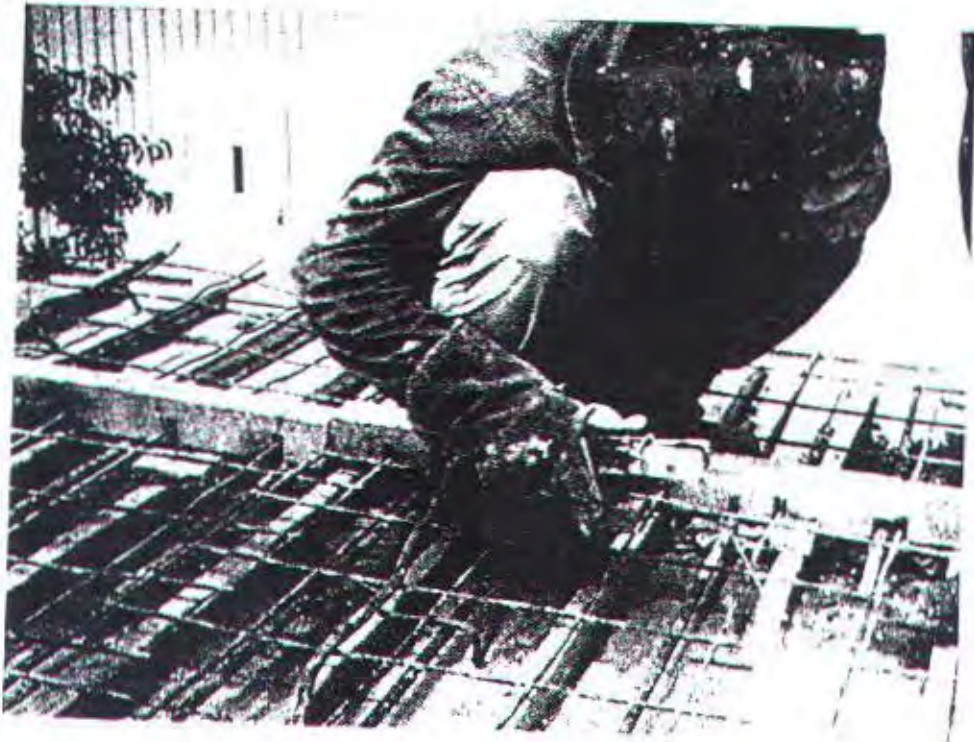
buat dengan mempunyai betina yang dapat tepat ada pnggir rusuk jantan dan kutnya, untuk mendapatkan ang baik dan dasar panel mpangan samping harus rak maksimum 1,20 meter dek yang dipikul oleh ton atau pasangan batu an samping harus dibaut ungnya. Hal ini tidak a konstruksi baja, Pengikat mping yang sesuai adalah ping atau self drilling No. u blind rivet diameter 4,8 asang dari bagian rusuk mpangan.

ng rusak Panel dek:

l dek akan digunakan se- ngit, maka lubang-lubang rena terbukanya ujung- anel dek pada waktu us ditutup. Hal ini untuk ngkinan masuknya air rusuk yang terbuka ke ek. Ujung rusuk Panel up dengan meletakan tyrene dengan tebal 4 rusuk dan kemudian di- an di depan lubang sebuah sumbat polysty ak dan masuk ke dalam rnatif lain adalah ujung k dapat pula ditutup adhesive yang cocok.

ga sementara :

yang lebar, tiang pe unakan untuk mengu anel dek pada waktu ah. Tiang penyanggah kuat dan mempunyai cukup agar tidak ter- Hubungan langsung engan balok kayu yang ndari



untuk mencegah timbulnya noda hafus pada dasar dek. Tergantung dari muatan dan keadaan pemeliharaan beton sesudah dicor, biasanya tiang penyangga semen tara dapat dicabut/dilepas 7 sampai 14 hari setelah beton dicor. Pembebanan penuh seperti yang direncanakan baru dapat diberikan setelah beton berumur 28 hari, dimana kekuatan beton telah ter capai

Penyempurnakan langit - langit Penyemprotan atau pelapisan .

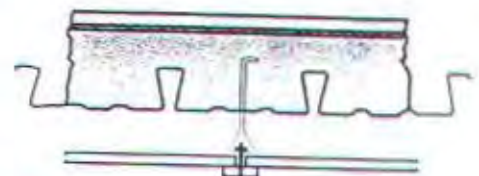
Plesteran dapat langsung ditempelkan pada bagian bawah Panel dek, dimana bagian rusuk yang terbuka berfungsi sebagai kunci pengikat. Bahan - bahan seperti plester vermiculite dapat pula dilapiskan atau disemprotkan serta dapat pula diberi warna sesuai dengan perencanaan interior.

Langit - langit yang menggantung.

Klip dan fitting yang sesuai dengan rusuk panel dek disediakan sebagai perlengkapan batang gantungan bagi segala jenis langit - langit yang mengan tung. Sebagai gantungan langit - langit dapat juga dipergunakan kawat peng- gantung yang berbentuk ekor babi yang ditempatkan melalui celah - celah Panel deak sebelum dilakukan pengecoran be- beton. Fiting rusuk yang meruncing dapat di- gunakan sebagai pengikat kayu atau kanal dengan aga bawah Panel dek, dimana pla board, harboard atau jenis langit git lainnya ditempe an,

Pengecatan.

Bagian bawah Panel dek yang telah di cat dapat pula di anggap sebagai langit - langit yang selesai, dimana dapat dipasang berbagai macam instalasi seperti lampu dll, disamping merupakan langit-langit yang menarik dan ekonomis. Bila ditentukan bahwa bagian bawah Panel dek harus dicat dan dipergunakan sebagai langit - langit, maka pemasang Panel dek harus rapi terutama pada sisi-sisi dinding dan balok, harus lurus. Penggunaan tiang penyanggah akan mengurangi lendutan yang membuat pandangan terhadap langit - langit lebih baik dan rata. Saran-saran dalam rangka pengecatan permukaan yang digalvani akan diberikan bila diperlukan.



Penggantungan dengan besi



Penggantungan dengan s kayu

oor Deck

	200	300	400	500	600	750	1000
	h	h	h	h	h	h	h
	8	8	8	8	8	8	8
	8	8	8	8	8	8	8
	8	8	8	8	8	8	8
	8	8	8	8	8	8	8
	8	8	8	8	8	8	10
	8	8	8	8	8	9	12
	8	8	8	8	9	11	13
	8	8	8	10	10	12	15
	8	8	8	11	11	14	
	8	8	8	12	13	15	
	8	8	10	15	15		
	8	10	12				
	8	12	15				

Tabel I

Balok di atas dua tumpuan tanpa Tulangan Negatif

Catatan :

- q : Beban berguna -
adalah beban hidup Kg/m²
- l : Panjang Bentang - Span : M
- H : Tebal plat : Cm
- A : Tulangan Negatif Cm²/M - U 50

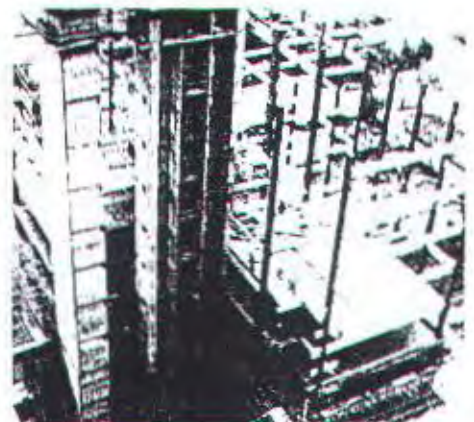
Beton

Mutu beton yang dipergunakan adalah h - 200 (200 Kg/Cm²) harus dicapai setelah Beton berumur 28 hari sesuai syarat PBI 1971 (NI - 2)

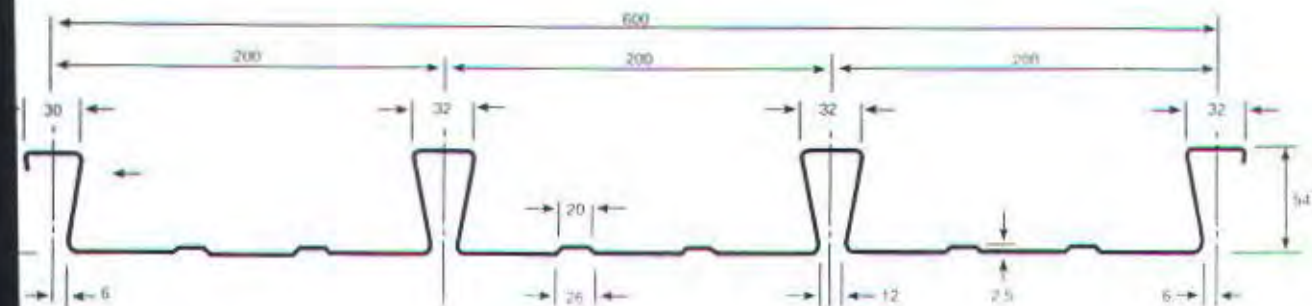
Tabel II

Untuk bentangan dengan balok menerus (balok di atas banyak tumpuan) dengan tulangan tekan

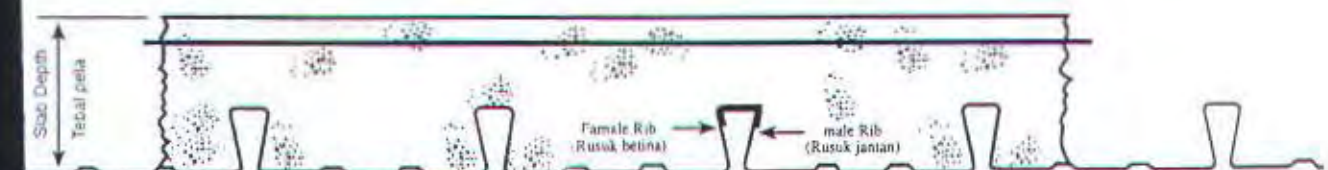
200		300		400		500		600		750		1000	
h	A	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A
8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78
8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78
8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	9	2,04
8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	9	2,04	10	2,32
8	1,78	8	1,78	8	1,78	8	1,78	9	2,04	9	2,04	10	2,32
8	1,78	8	1,78	8	1,78	9	2,04	10	2,32	10	2,32	11	2,57
8	1,78	8	1,78	9	2,04	9	2,04	10	2,32	10	2,32	12	3,00
8	1,78	8	1,78	9	2,04	10	2,32	10	2,32	11	2,57	12	3,00
8	1,78	8	2,04	10	2,32	10	2,32	11	2,57	12	3,00	13	3,13
8	1,78	8	2,04	10	2,32	11	2,57	11	2,57	12	3,00	14	3,75
8	1,78	10	2,32	10	2,32	11	2,57	12	3,00	14	3,75	15	3,91
10	2,32	10	2,32	11	2,57	12	3,00	14	3,75	15	3,91		
10	2,32	11	2,57	12	3,00	13	3,13	15	3,91	15	3,91		



profil panel



at komposit



Roof Deck

Atap dan Dinding
Coated Galvanised steel
Aluminium & Alluminium coated
(Sheeting)

Dasar dari baja khusus dengan
coating atau Alluminium
yang diimport langsung dari

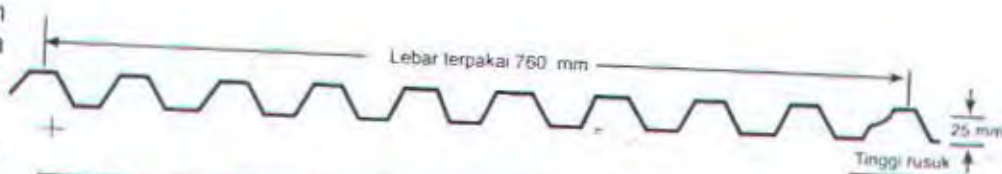
sesuai dengan ketentuan
ASTMA 446 - 76
-D (American National Stan
untuk zinc coated dan
resistent MSA 2C-DC 150
Aluminium coated (Alstar)

efektif
dengan toleransi + 4 mm
lebar) 680 mm dengan
+ 4mm (9 gelombang)

Panjang
meter sampai dengan 12.0
dengan toleransi 0 - 15
meter sampai dengan 12.0
dengan toleransi 0 - 15

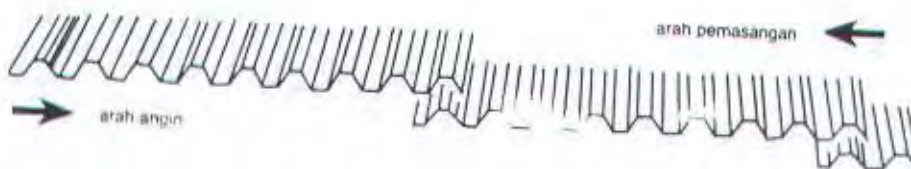
Disediakan dengan
yang disesuaikan dengan
anda Melipatkan ganda
tahan terhadap iklim
Indonesia, khusus juga
untuk daerah pantai.

untuk ketebalan
dengan pesanan khusus



Jenis	Tebal	Berlangit Jendela Maksimum (menerus)	Berlangit Jendela Maksimum (tunggal)	Kantilever Maksimum	Jarak rangka dinding	Berat
ROOFDECK	0.5 mm	1700 mm	1300 mm	300 mm	2500 mm	5.0 Kg/m ²
	0.4 mm	1500 mm	1100 mm	150 mm	2000 mm	4.16 Kg/m ²
	0.35 mm	1200 mm	99 mm	1500 mm	1500 mm	4.16 Kg/m ²
	0.3 mm					3.55 Kg/m ²

Pemasangan



n	Area A	Depth d	Web Thickness tw	Flange Width bf	Flange Thickness tf	Corner Radius r	Distances ^(a)			Crystall Section Centricity ^(b)		Elastic Properties						Plastic Modulus	
							T	S	L	h _{CT}	h _{CL}	Axis X-X			Axis Y-Y			Zx(**)	Zy(***)
												I	S	i	I	S	i		
	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³
1	364	912	18	302	24	28	783.0	62.0	28.0	4.14	44.13	498,000	10,960	37.00	15,700	1,040	6.55	12,221	1,019
2	309.8	900	16	300	25	28	785.0	56.0	28.0	5.26	49.65	411,000	9,140	36.40	12,600	843	6.39	10,174	1,314
3	270.9	890	15	299	23	28	788.0	51.0	28.0	6.50	52.95	345,000	7,760	35.70	10,300	683	6.16	8,654	1,076
4	307.6	808	16	302	30	28	692.0	38.0	20.0	5.03	43.65	239,000	5,400	33.20	13,800	915	6.70	9,287	1,416
5	267.4	800	14	300	26	28	692.0	54.0	28.0	5.77	49.88	292,000	7,290	33.00	11,700	782	6.62	7,995	1,207
6	243.4	792	14	300	22	25	692.0	50.0	28.0	6.82	49.88	254,000	6,410	32.30	9,930	662	6.39	7,040	1,027
7	273.6	708	15	302	28	25	596.0	56.0	28.0	5.79	40.16	237,000	6,700	29.40	12,900	853	6.85	7,344	1,314
8	235.5	700	13	300	24	28	596.0	52.0	28.0	6.25	46.33	201,000	5,760	29.30	10,800	722	6.78	6,242	1,108
9	211.5	692	13	300	20	25	596.0	48.0	28.0	7.50	46.33	172,000	4,980	28.60	9,020	602	6.53	5,414	923
10	222.4	594	14	302	23	28	492.0	51.0	28.0	6.57	35.60	137,000	4,620	24.90	10,600	701	6.90	5,017	1,076
11	192.5	588	12	300	20	28	492.0	48.0	28.0	7.50	41.53	118,000	4,020	24.80	9,020	601	6.85	4,509	920
12	174.5	582	12	300	17	28	492.0	45.0	28.0	8.82	41.53	103,000	3,530	24.30	7,670	511	6.63	3,782	785
13	107.7	612	13	202	23	22	522.0	45.0	22.0	4.29	40.64	100,000	3,380	24.60	3,180	314	4.31	3,778	493
14	152.5	606	12	201	20	22	522.0	42.0	22.0	5.03	44.03	90,400	2,980	24.30	2,720	271	4.22	3,317	424
15	134.4	600	11	200	17	22	522.0	39.0	22.0	5.88	48.03	77,600	2,590	24.00	2,280	228	4.12	2,863	337
16	120.5	596	10	199	15	22	522.0	37.0	22.0	6.63	52.84	68,700	2,310	23.90	1,980	199	4.05	2,535	311
17	163.5	488	11	300	18	26	400.0	44.0	26.0	8.33	36.94	71,000	2,910	20.80	8,110	541	7.04	3,100	824
18	145.5	482	11	300	15	26	400.0	41.0	26.0	10.00	36.94	60,400	2,500	20.40	6,760	451	6.82	2,663	689
19	131.3	506	11	201	19	20	428.0	39.0	20.0	5.29	39.49	56,500	2,230	20.70	2,580	257	4.43	2,462	398
20	114.2	500	10	200	16	20	428.0	36.0	20.0	6.25	43.44	47,800	1,910	20.50	2,140	214	4.33	2,096	332
21	101.3	496	9	199	14	20	428.0	34.0	20.0	7.11	48.26	41,900	1,690	20.30	1,840	185	4.27	1,836	287
22	157.4	440	11	300	18	24	356.0	42.0	24.0	8.33	32.94	56,100	2,550	18.90	8,110	541	7.18	2,729	822
23	135	434	10	299	15	24	356.0	39.0	24.0	9.97	36.24	46,800	2,160	18.60	6,690	488	7.04	2,287	681
24	96.76	450	9	200	14	18	386.0	32.0	18.0	7.14	43.59	33,500	1,490	18.60	1,870	187	4.40	1,621	289
25	84.3	446	8	199	12	18	386.0	30.0	18.0	8.29	49.04	28,700	1,290	18.50	1,580	159	4.33	1,393	244
26	770.1	498	45	432	70	22	314.0	92.0	22.0	3.09	7.12	298,000	12,000	24.30	94,400	4,370	11.10	14,285	6,715
27	528.6	458	30	417	50	22	314.0	72.0	22.0	4.17	10.68	187,000	8,170	19.70	60,500	2,900	10.70	9,468	4,428
28	360.7	428	20	407	35	22	314.0	57.0	22.0	5.61	16.02	119,000	5,570	18.80	39,400	1,930	10.40	6,239	2,935
29	293.4	414	18	403	28	22	314.0	50.0	22.0	7.23	17.20	92,800	4,480	18.70	31,000	1,570	10.20	4,954	2,325
30	254.9	406	16	403	24	22	314.0	46.0	22.0	8.40	20.02	78,000	3,840	17.50	26,200	1,300	10.10	4,207	1,974
31	250.7	400	21	408	21	22	314.0	43.0	22.0	9.71	15.25	70,900	3,540	17.50	23,800	1,170	9.75	3,920	1,781
32	218.7	400	13	400	21	22	314.0	43.0	22.0	9.57	24.64	66,600	3,330	17.50	22,400	1,120	10.10	3,600	1,695
33	214.0	394	12	425	18	22	314.0	40.0	22.0	11.25	17.80	59,700	3,030	16.70	20,000	985	9.55	3,318	1,595
34	188.8	394	11	393	15	22	314.0	40.0	22.0	11.04	27.12	55,700	2,890	17.50	18,000	951	10.10	3,040	1,438
35	178.5	398	15	402	15	22	324.0	37.0	22.0	13.40	22.02	49,000	2,530	16.60	16,300	869	9.54	2,817	1,233
36	136	390	10	310	16	22	314.0	38.0	22.0	9.38	32.04	35,700	1,980	16.90	7,210	481	7.28	2,116	729
37	120.1	386	9	299	14	22	314.0	36.0	22.0	10.68	35.59	33,700	1,740	16.70	6,240	418	7.21	1,846	633
38	84.12	400	8	200	13	16	342.0	29.0	16.0	7.69	43.54	23,700	1,190	16.80	1,740	174	4.51	1,266	366
39	72.16	396	7	199	11	16	342.0	27.0	16.0	9.05	49.76	20,000	1,010	16.70	1,450	145	4.13	1,085	222

Line	Area A	Depth d	Web		Flange		Corner			Compact Section		Elastic Properties						Plastic Section	
			Thickness tw	Width bf	Thickness tf	Radius r	T	S	Zx	b2tf	he ny	About X-X			About Y-Y			Sx (**)	Zy (**)
												I	S	r	I	S	r		
	cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³
1	20.2	356	14	352	22	27	172.0	27.0	27.0	8.00	19.88	47.600	2.670	15.30	16.000	909	8.40	1627	1.37
2	195.4	350	19	357	19	20	212.0	20.0	20.0	9.39	14.65	42.800	2.450	14.70	14.200	809	8.55	1708	1.23
3	173.9	350	12	350	19	20	212.0	20.0	20.0	9.21	23.20	40.300	2.300	15.20	13.800	776	8.44	1493	1.17
4	166.6	344	16	354	16	20	212.0	20.0	20.0	11.06	17.40	35.300	2.000	14.60	11.800	669	8.33	2247	1.03
5	146	344	10	348	16	26	212.0	20.0	20.0	7.75	27.84	33.300	1.500	15.10	11.200	646	8.78	2445	1.00
6	134.2	338	13	351	13	27	212.0	20.0	20.0	11.30	21.41	28.200	1.600	14.40	9.380	534	8.43	1799	814
7	101.5	340	9	280	14	20	212.0	20.0	20.0	8.93	30.93	21.700	1.250	14.60	3.650	292	6.44	1360	444
8	98.15	336	8	249	12	20	212.0	20.0	20.0	10.38	34.70	18.500	1.100	14.50	3.090	248	5.62	1261	377
9	83.14	350	7	173	11	20	196.0	17.0	14.0	7.95	43.76	13.600	7.75	14.70	984	112	5.5	841	172
10	92.68	346	6	174	9	26	196.0	17.0	12.0	9.67	51.06	11.300	6.01	14.50	792	91	3.88	109	139
11	134.8	304	11	301	17	18	212.0	20.0	18.0	8.95	21.85	23.400	1.500	13.20	7.730	514	7.47	1250	778
12	134.8	300	15	305	15	18	212.0	19.0	19.0	10.17	16.82	21.500	1.440	12.60	7.100	466	7.26	1371	713
13	119.8	300	10	300	15	18	212.0	19.0	18.0	10.00	24.04	20.400	1.360	13.10	6.750	450	7.57	1463	682
14	110.8	298	9	299	14	18	212.0	18.0	18.0	10.68	26.71	18.800	1.270	13.00	6.240	417	7.41	1353	631
15	107.7	294	12	302	12	18	212.0	17.0	18.0	12.58	20.03	16.900	1.130	12.50	5.520	365	7.16	1241	557
16	83.36	298	9	201	14	10	212.0	12.0	18.0	7.18	26.71	13.300	893	12.60	1.900	189	4.77	443	288
17	12.38	294	8	200	12	18	212.0	12.0	18.0	8.93	30.04	11.300	771	12.50	1.600	160	4.71	823	244
18	46.78	300	5.5	150	9	13	256.0	12.0	15.0	8.93	40.36	7.210	481	12.40	508	68	3.29	522	104
19	40.80	298	5.5	149	8	13	256.0	11.0	15.0	9.31	47.70	6.320	424	12.40	442	59	3.29	455	91
20	164.7	250	14	255	14	16	190.0	20.0	16.0	9.11	14.03	11.500	919	10.50	3.880	304	6.09	1015	466
21	92.18	250	9	250	14	16	190.0	19.0	16.0	8.93	21.82	10.800	867	10.80	3.650	292	6.29	937	432
22	84.7	248	8	249	12	16	190.0	19.0	16.0	9.58	24.54	9.930	801	10.80	3.330	269	6.29	839	407
23	82.06	244	11	252	11	16	190.0	17.0	16.0	11.45	17.85	8.790	720	10.30	2.940	233	5.98	781	356
24	56.24	244	7	173	11	16	196.0	17.0	16.0	7.95	28.05	6.120	502	10.40	984	113	4.15	535	171
25	37.66	250	6	125	9	12	208.0	11.0	12.0	6.94	35.73	4.050	324	10.40	294	47	2.79	362	72
26	32.68	248	5	124	8	12	208.0	10.0	12.0	7.75	42.87	3.540	285	10.40	255	41.1	2.79	305	63
27	83.69	208	10	202	16	13	150.0	25.0	13.0	6.31	15.64	6.530	628	8.83	2.200	218	5.13	658	331
28	71.53	200	12	204	12	13	150.0	25.0	13.0	8.10	13.03	4.980	498	8.35	1.700	187	4.88	553	256
29	63.53	200	8	200	12	13	150.0	25.0	13.0	8.93	19.54	4.720	472	8.62	1.600	160	5.02	513	243
30	39.01	194	5	150	9	13	150.0	22.0	13.0	8.33	26.06	2.690	277	8.30	507	67.6	3.61	296	103
31	27.16	170	5.5	100	8	11	162.0	9.0	11.0	6.25	30.61	1.840	154	8.24	134	26.8	2.22	200	41
32	23.18	198	4.5	59	7	11	162.0	13.0	11.0	7.07	37.41	1.480	107	8.06	114	23.0	2.21	170	35
33	31.21	175	7.5	125	11	12	129.0	23.0	12.0	7.95	18.65	2.880	339	7.50	984	112	4.38	360	171
34	29.65	169	5.5	125	8	12	129.0	20.0	12.0	7.61	24.61	1.530	181	7.18	261	41.8	2.97	303	64
35	13.64	175	5	90	8	9	141.0	17.0	9.0	5.63	29.47	1.210	136	7.26	97.5	21.7	2.06	152	33
36	40.14	150	7	150	10	11	108.0	21.0	11.0	7.50	15.54	1.540	219	6.39	563	75.1	3.75	240	114
37	26.54	128	6	100	9	11	108.0	20.0	11.0	7.52	19.46	1.170	139	6.17	151	30.0	2.37	150	46
38	17.85	150	5	75	7	8	120.0	15.0	8.0	5.35	25.27	666	83.4	6.11	49.5	13.2	1.56	98	21
39	30.31	125	6.5	125	9	10	87.0	19.0	10.0	6.94	14.36	847	130	5.29	293	47.0	3.11	145	71
40	16.54	125	6	60	8	9	91.0	17.0	9.0	7.75	16.23	413	66	4.95	29.2	9.75	1.32	74	15
41	21.90	160	6	100	8	10	64.0	18.0	10.0	6.25	11.73	363	76.3	4.18	134	26.7	2.47	34	41
42	11.85	100	5	50	7	8	70.0	13.0	8.0	7.57	15.27	187	37.3	2.48	14.8	5.91	1.12	42	9

(*) 2k as per LRFD-B5.1

$$(***) Z_y = \frac{t_w b^3}{2} + (d - 2t_f) \frac{t_w^3}{4}$$

as per PPBBI 1984 - Table 27, Chapter 10

$$+ + (b - t_w)(d - t_f)t_f \quad \text{as per PPBBI 1984 - Table 27, Chapter 10}$$

$$(*) T = d - 2k$$

$$- k = 1/2 \cdot d$$

$$- k = 1/2 \cdot d$$

distance (Lp and Lr) of WF (Hot rolled profile) Table

$E = 21000 \text{ MPa}$
 $F_y = 240 \text{ MPa}$

$F_u = 70 \text{ MPa}$





$F_u = 240 \text{ MPa}$

Thickness	Depth			Width of flange	Corner radius	Sectional Area	Elastic Section Modulus	Moment of Inertia	Radius of Gyration	Non warping torsional constant	Warping torsional constant	X_1	X_2	L_p
#	d	h	dw	bf	r	A	S_x	I_y	r_y	J	I_w			
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm	mm ⁴	mm ⁶			mm
24	912	378	844	302	28	384	10900	15700	6.56	9553941.33	3.0080E+13	15631.13	3.02E+14	3415
25	930	372	844	300	28	309.8	9140	12600	6.39	5542741.33	2.3952E+13	13140.70	1.31E+13	3327
25	860	361	844	299	28	270.8	7760	10300	6.16	3374788.67	1.9256E+13	11293.48	4.95E+13	3207
30	908	771	748	302	28	307.5	8400	13800	6.70	5457269.33	2.5840E+13	15378.01	4.22E+14	3488
28	800	774	748	300	28	287.4	7290	11700	6.62	4356700.00	1.7523E+13	13570.44	1.06E+13	3445
22	792	770	748	300	28	243.4	6410	9830	6.39	2813770.67	1.4674E+13	11533.37	2.70E+13	3327
25	708	661	652	302	28	273.6	6700	12900	6.86	5133169.33	1.4859E+13	16243.60	3.08E+14	3371
24	705	676	652	300	28	235.5	5760	10800	5.78	3242281.33	1.2339E+13	13904.65	1.06E+13	3530
20	692	672	652	300	28	211.5	4980	9020	6.53	2077461.33	1.0161E+13	12199.90	3.46E+13	3400
23	594	571	548	302	28	222.4	4620	10600	6.90	2950860.00	8.6062E+12	16071.69	4.53E+14	3532
20	588	568	548	300	28	192.5	4020	9020	6.85	1915648.00	7.2890E+12	13845.51	1.45E+13	3566
17	582	565	548	300	28	174.5	3530	7870	6.93	1298248.00	6.1052E+12	12358.44	4.04E+13	3452
22	612	565	568	202	22	107.7	3360	3180	4.31	2052990.00	2.7403E+12	12751.08	5.85E+14	2244
20	608	568	568	201	22	152.5	2980	2720	4.22	1398018.00	2.3238E+12	14201.58	1.94E+13	2197
17	600	583	568	200	22	134.4	2590	2280	4.12	906182.00	1.9260E+12	12350.07	5.24E+13	2145
15	596	581	568	199	22	120.5	2310	1950	4.05	636416.57	1.6826E+12	10987.89	1.35E+12	2108
18	488	470	452	300	28	183.5	2910	8110	7.04	1366937.33	4.4732E+12	14890.25	1.05E+13	3655
15	482	457	452	300	28	145.5	2500	6790	6.82	875537.33	3.8803E+12	13085.51	3.38E+13	3551
19	505	437	458	201	20	131.3	2230	2580	4.43	1126742.00	1.5247E+12	15908.90	6.43E+14	2358
18	500	434	458	200	20	114.2	1910	2140	4.33	702133.33	1.2494E+12	13588.49	2.87E+13	2254
14	498	452	458	199	20	101.3	1690	1540	4.27	477761.33	1.0680E+12	11931.23	5.44E+13	2223
18	440	422	404	300	24	157.4	2550	8110	7.18	1345641.33	3.8062E+12	16542.02	5.23E+14	3733
15	434	419	404	299	24	135	2160	6890	7.04	807416.67	2.9331E+12	14009.54	2.09E+13	3655
14	456	436	422	200	18	96.76	1490	1870	4.40	468412.67	8.8711E+11	13095.97	4.51E+13	2291
12	448	434	422	199	18	84.3	1290	1580	4.33	301269.33	7.4218E+11	11323.05	1.47E+12	2254
70	435	428	330	432	22	770.1	12000	109358250.00	11.10	109358250.00	4.3075E+13	70189.92	6.08E+19	5779
50	458	408	358	417	22	528.8	8170	60500	10.70	37972000.00	2.5147E+13	50261.48	8.28E+18	5671
35	428	393	358	407	22	360.7	5570	39400	10.40	12588063.33	1.5185E+13	35063.84	1.27E+18	5414
28	414	388	358	405	22	295.4	4480	31000	10.20	8622992.00	1.1547E+13	28818.48	7.25E+18	5310
24	406	392	358	403	22	254.9	3840	26200	10.10	4202837.33	9.5508E+12	24705.11	2.36E+18	5258
21	400	379	358	406	22	250.7	3540	23800	9.75	3624138.00	8.5382E+12	24579.60	2.03E+18	5076
21	400	379	358	400	22	218.7	3330	22400	10.10	2731775.33	8.0439E+12	21274.75	7.37E+18	5258
18	394	375	358	405	22	214.4	3030	20000	9.65	2270592.00	7.0437E+12	21105.77	1.04E+18	5024
18	394	376	358	398	22	188.8	2850	16600	10.10	1706256.67	6.8848E+12	18156.31	2.56E+18	5258
15	398	383	368	402	22	178.5	2520	16300	9.54	1318500.00	5.9560E+12	17644.95	4.53E+18	4967
16	390	374	358	300	22	136	1980	7210	7.28	938533.33	2.5178E+12	16538.30	6.43E+18	3790
14	386	372	358	299	22	120.1	1740	6240	7.21	633964.67	2.1578E+12	14535.05	1.82E+18	3754
13	400	387	374	200	16	84.12	1190	1740	4.54	350762.67	6.4900E+11	13343.02	4.29E+18	2384
11	395	385	374	199	16	72.16	1010	1450	4.48	219340.00	5.3538E+11	11416.89	1.54E+18	2332

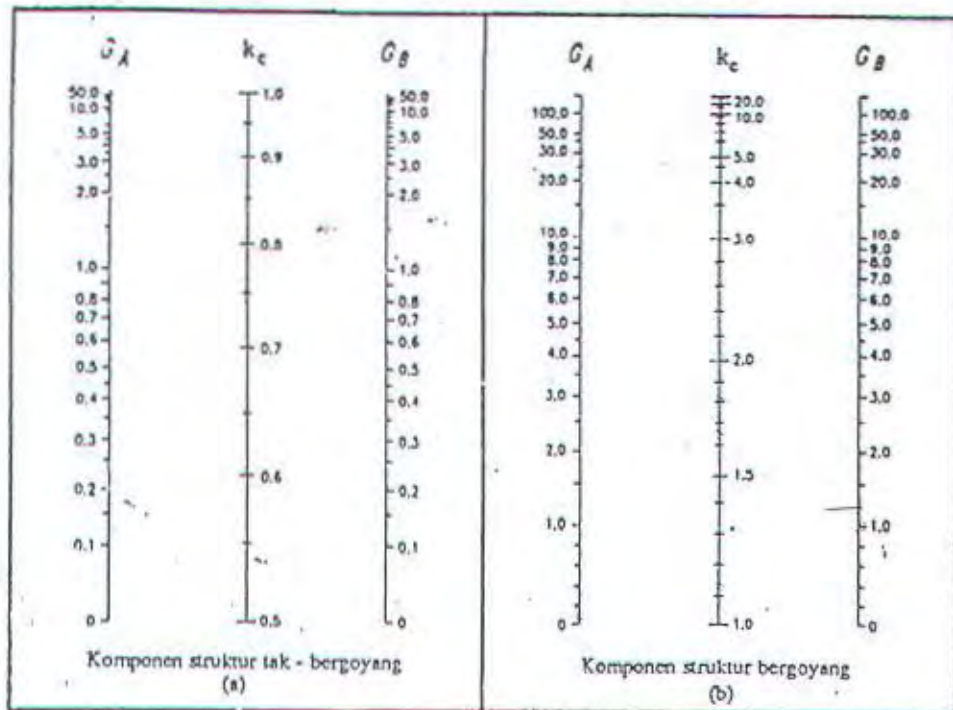
HARYS DIKOREK

Thickness	Depth				Width bf	Corner radius r	Sectional Area A	Elastic Section Modulus Sx	Moment of Inertia Iy	Radius of Gyration ry	Non warping torsional constant J	Warping torsional constant Iw	X1	X2	Lp
	t	d	h	dw											
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm2	cm3	cm4	cm	mm4	mm4	mm	mm	mm	
22	356	334	312	352	20	202	2670	18000	5.90	2784106.67	4.4500E+12	25743.59	2.19E+15	4833	
19	350	331	312	357	20	190.4	2490	14400	6.53	2345776.00	3.9454E+12	25521.72	3.03E+15	4441	
19	350	331	312	350	20	173.9	2300	13600	6.94	1730145.33	3.7956E+12	22172.34	7.06E+15	4802	
16	344	328	312	354	20	158.6	2050	11200	8.43	1392840.00	3.1818E+12	21535.99	1.12E+14	4369	
16	344	328	312	349	20	146	1940	11200	8.78	781205.53	1.0940E+12	15555.82	3.45E+14	4571	
13	338	325	312	351	20	153.3	1870	9380	8.33	742586.00	2.4741E+12	18517.82	6.27E+14	4337	
14	340	328	312	350	20	161.5	1280	3650	8.00	533169.33	9.6866E+11	18657.48	8.19E+14	3124	
12	336	324	312	349	20	88.15	1100	3090	5.22	340096.00	8.1032E+11	14427.17	2.87E+13	3082	
11	350	333	328	178	14	83.14	775	6840	3.85	192784.67	2.6223E+11	13048.14	6.86E+14	2055	
9	346	337	328	174	14	52.88	641	792	3.88	106180.00	2.2416E+11	10794.44	3.24E+12	2020	
17	364	287	270	301	16	134.8	1540	7730	7.57	1105560.33	1.5511E+12	22977.24	7.20E+15	3941	
15	300	285	270	308	18	134.8	1440	7100	7.26	950000.00	1.4404E+12	23252.08	8.44E+15	3780	
15	300	285	270	300	18	119.8	1350	6750	7.51	765000.00	1.3707E+12	20402.44	1.88E+14	3910	
14	298	284	270	299	18	110.8	1270	6210	7.31	612580.67	1.2577E+12	18502.24	3.46E+14	3910	
12	294	282	270	302	18	107.7	1150	5520	7.15	503424.00	1.0932E+12	18558.32	5.02E+14	3728	
14	298	284	270	201	18	83.36	853	1900	4.77	433306.00	3.8207E+11	18506.82	3.37E+14	2453	
12	294	282	270	200	18	72.38	771	1600	4.71	276480.00	3.1810E+11	18817.00	1.12E+13	2452	
9	300	291	282	153	13	46.76	481	503	3.29	98714.75	1.0717E+11	12949.05	1.11E+12	1713	
8	298	290	282	149	13	40.8	424	442	3.23	55497.62	9.2733E+10	11259.78	3.22E+12	1713	
14	250	236	222	258	16	104.7	919	3880	5.09	569536.00	5.3872E+11	26406.24	4.58E+15	3171	
14	250	236	222	250	16	92.18	837	3550	5.29	511279.33	5.0765E+11	22950.40	1.07E+14	3275	
13	248	235	222	249	16	84.7	901	3350	5.29	407590.00	4.6181E+11	18784.96	3.21E+14	3275	
11	244	233	222	252	16	82.06	720	2940	5.98	322102.00	3.9619E+11	20596.26	3.14E+14	3113	
11	244	233	222	175	16	56.24	502	984	4.18	180655.33	1.3335E+11	18404.25	7.51E+14	2176	
9	250	241	232	125	12	37.68	324	294	2.79	77454.00	4.2543E+10	15278.44	4.12E+13	1453	
8	248	240	232	124	12	32.68	285	255	2.79	51992.00	3.6607E+10	13256.42	1.20E+12	1453	
16	208	192	176	202	13	83.69	628	2200	5.13	510261.33	2.0257E+11	32983.51	9.59E+16	2571	
12	200	188	176	204	13	71.53	458	1700	4.88	338384.00	1.5003E+11	28549.22	3.94E+15	2541	
12	200	188	176	200	13	63.53	472	1600	5.02	260437.33	1.4138E+11	24978.18	9.86E+15	2613	
9	194	185	176	150	13	39.01	277	507	3.61	85572.00	4.3316E+10	19117.71	8.72E+14	1879	
8	200	192	184	100	11	27.16	184	134	2.22	44337.67	1.2268E+10	17286.03	2.53E+13	1156	
7	155	191	184	50	11	23.18	160	113	2.21	26227.00	1.0324E+10	14953.15	8.78E+13	1151	
11	175	184	153	175	12	51.21	330	994	4.38	176798.96	6.5667E+10	26423.05	7.57E+15	2790	
8	169	161	153	125	12	29.65	181	261	2.97	51151.79	1.6876E+10	19720.57	9.42E+14	1545	
8	175	167	159	90	9	23.04	139	97.5	2.06	37345.00	6.7770E+09	19342.14	1.24E+13	1072	
10	150	140	130	150	11	40.14	219	583	3.75	114863.33	2.7563E+10	29418.23	6.01E+15	1952	
9	148	139	130	100	11	26.04	156	101	3.37	57960.00	7.2454E+09	29199.19	1.43E+14	1234	
7	150	143	136	75	8	17.85	88.8	49.5	1.66	22816.67	2.5162E+09	20830.23	1.08E+13	564	
9	125	115	107	125	10	30.31	136	293	3.11	70544.98	9.8555E+09	31163.69	4.32E+15	1519	
8	125	117	109	60	9	15.84	66.1	29.2	1.32	28328.00	9.5551E+08	30285.82	9.30E+15	587	
8	100	90	84	100	10	21.90	76.5	134	2.47	40181.33	2.5213E+09	35541.41	2.57E+15	1299	
7	100	90	86	50	8	11.85	37.5	14.8	1.12	15016.67	3.1533E+08	32604.42	7.70E+15	583	

HARUS DIKORSA

<p>Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk</p>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
<p>Nilai k_e teoritis</p>	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
<p>Nilai k_e yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal</p>	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
<p>Kode ujung</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">     </div> <div> <p>Jepit</p> <p>Sendi</p> <p>Roll tanpa putaran sudut</p> <p>Ujung bebas</p> </div> </div>					

Gambar 7.6-1
 Nilai k_e untuk kolom dengan ujung-ujung yang ideal.



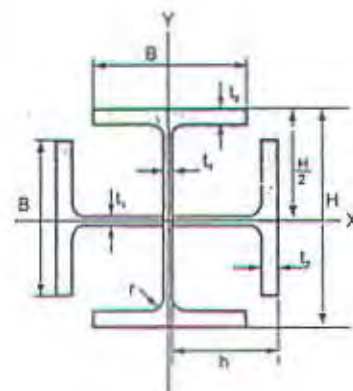
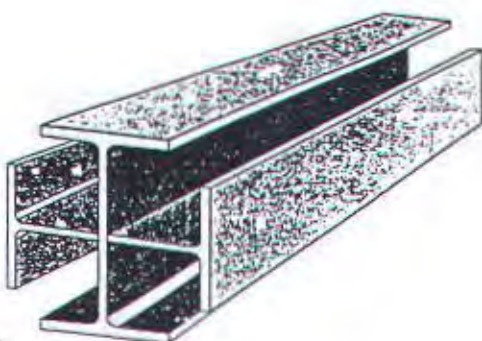
Gambar 7.6-2

(a) Nilai k_c untuk komponen struktur tak bergoyang, dan (b) untuk komponen struktur bergoyang.



P.T. GUNUNG GARUDA
Steel Is Our Business

KING CROSS



METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA	UNIT WEIGHT	INFORMATIVE REFERENCE					
SECTION INDEX	DEPTH OF SECTION	FLANGE WIDTH	THICKNESS		CORNER RADIUS			GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
			WEB	FLANGE				I _x	I _y	I _x	I _y	Z _x	Z _y
	H	B	t ₁	t ₂	r	A		I _x	I _y	I _x	I _y	Z _x	Z _y
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8	35.70	28.0	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,594	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	350.9
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.60	64.0	6,762	7,024	9.10	9.28	453.8	462.9
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	15,128	10.75	10.95	831.7	847.5
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132.0	25,440	26,519	12.30	12.55	1,272.0	1,299.9
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152.0	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.40	179.2	49,940	52,189	14.79	15.17	1,997.6	2,046.6
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.80	212.0	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385.00	302.0	127,020	132,585	18.16	18.16	4,380.4	4,419.5
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471.00	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.80	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2

NOTE:

- $h = H/2$ = height of T-Beam.
- Tolerance, $h = \pm 2$ mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

**HEAD OFFICE
AND FACTORY**

Imam Bonjol 4, Warung Bongkok, Suka Danau, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA
Phone: 62-21-8900111, Sales Dept: 62-21-8900668, ESC Dept: 62-21-4713000
Fax: 62-21-8900555, URL: <http://www.grdsteel.com>, E-mail: gunung@grdsteel.com



P.T. GUNUNG GARUDA

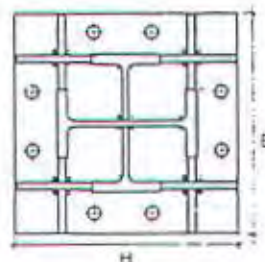
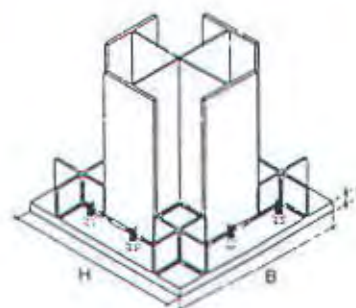
Steel To Our Business

FIXED BASE PLATES

FOR KING CROSS

METRIC SIZE

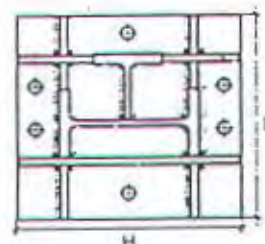
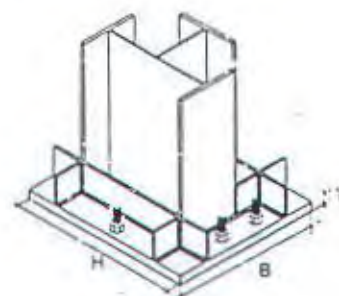
PART NO.	H	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN KING CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMK - 01	302	302	24	17.18	K - 150 x 75
BMK - 02	352	352	28	27.23	K - 200 x 100
BMK - 03	350	350	26	25.00	K - 198 x 99
BMK - 04	426	426	32	45.59	K - 250 x 125
BMK - 05	424	424	30	42.34	K - 248 x 124
BMK - 06	476	476	34	60.47	K - 300 x 150
BMK - 07	450	450	30	47.69	K - 258 x 149
BMK - 08	550	550	39	92.61	K - 350 x 175
BMK - 09	522	522	35	74.86	K - 346 x 174
BMK - 10	600	600	47	132.82	K - 400 x 200
BMK - 11	572	572	38	97.60	K - 396 x 199
BMK - 12	650	650	44	145.23	K - 450 x 200
BMK - 13	700	700	46	176.94	K - 500 x 200
BMK - 14	800	800	47	236.13	K - 600 x 200
BMK - 15	788	788	52	253.47	K - 588 x 300
BMK - 16	900	900	54	343.36	K - 700 x 300
BMK - 17	1000	1000	55	431.75	K - 800 x 300



FOR QUEEN CROSS

METRIC SIZE

PART NO.	H	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN QUEEN CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMQ - 01	302	265	22	13.82	Q - 150 x 75
BMQ - 02	376	326	27	25.98	Q - 200 x 100
BMQ - 03	374	325	25	23.85	Q - 198 x 99
BMQ - 04	450	388	31	42.49	Q - 250 x 125
BMQ - 05	424	362	29	34.54	Q - 243 x 124
BMQ - 06	500	425	34	56.72	Q - 300 x 150
BMQ - 07	474	400	30	44.65	Q - 298 x 149
BMQ - 08	550	463	37	73.96	Q - 350 x 175
BMQ - 09	522	436	33	58.96	Q - 346 x 174
BMQ - 10	600	500	41	95.56	Q - 400 x 200
BMQ - 11	596	498	38	88.54	Q - 395 x 199
BMQ - 12	650	525	43	115.19	Q - 450 x 200
BMQ - 13	700	550	45	136.00	Q - 500 x 200
BMQ - 14	800	600	47	177.10	Q - 600 x 200
BMQ - 15	788	644	51	203.17	Q - 588 x 300
BMQ - 16	900	700	54	267.06	Q - 700 x 300
BMQ - 17	1000	750	55	323.81	Q - 800 x 300



TOLERANCE (mm)	
t	H, B
± 0.5	± 2

NOTES:

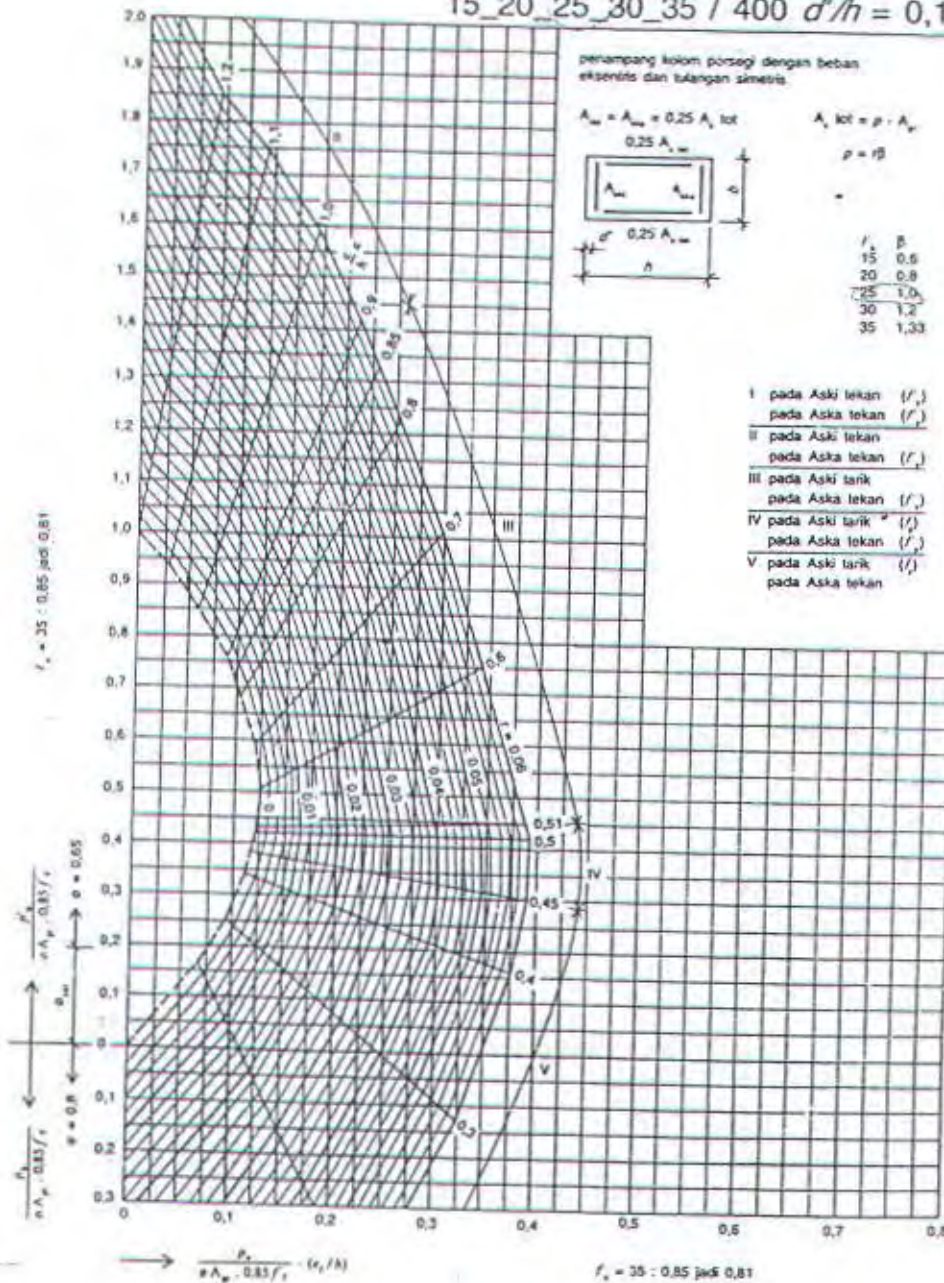
Material specification as per JIS G 3101 ; SS 400

**HEAD OFFICE
AND FACTORY**

Imam Bonjol 4, Warung Bongkok, Suka Danau, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA
Phone : 62-21-8900111, Sales Dept. 62-21-8900666, ESC Dept. 62-21-4713000
Fax. 62-21-8900555, URL : <http://www.grdsteel.com>, E-mail : gunung@grdsteel.com



15_20_25_30_35 / 400 $d'/h = 0,15$



Gambar 6.2.e